Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні
(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота

на тему «*Проєкт системи сухого очищення газів мартенівського виробництва»*

Виконав: студент ___*2*__курсу, групи *8.1834*_____

спеціальності
183 Технології захисту навколишнього середовища
освітньої програми
*Технології захисту навколишнього середовища*_____

спеціалізації
_____
(шифр і назва)

__*Залевський А.В.*_____

Керівник *доцент, к.ф.-м.н. Вагін А.В.*_____

Рецензент *проф., д.хім.н. Прутцьков Д.В.*_____
(прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2025

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

Кафедра _____*металургійних технологій, екології та техногенної безпеки*_

Рівень вищої освіти _____*другий магістерський рівень*_____
(другий (магістерський) рівень)

Спеціальність ____*183 Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма ____*Технології захисту навколишнього середовища*_____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ___*МТЕТБ*__
_____ Ю.О. Бєлоконь

«____» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____*Залевський Андрій Віталійович*_____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) *«Проєкт системи сухого очищення газів мартенівського виробництва»*
керівник роботи_____*Вагін Андрій Вікторович*_____*к.ф.-м.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від від *"19" 09* 2025 р. *№ 1305-с*

2. Строк подання студентом роботи _____*08.12.2025*_____

3. Вихідні дані до роботи *розробити систему очищення відхідних газів в умовах мартенівського цеху, витрата газу – 92 тис. нм^3/год = 25,6 м^3/с; запиленість – 5 г/м^3; температура – 800^{0}С.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *вступ, загальна частина, спеціальна частина, охорона праці та техногенна безпека, висновки, перелік джерел посилання.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційний матеріал на 13 слайдах (на 13 сторінках)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 2	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 3	*Вагін А.В., доцент*	
Нормоконтроль	*Бєлоконь К.В., доцент*	

7. Дата видачі завдання___02.06.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ*		
2	*Загальна частина*		
3	*Спеціальна частина*		
4	*Охорона праці та техногенна безпека*		
5	*Висновки*		
6	*Презентація*		

Студент _____ *Андрій ЗАЛЕВСЬКИЙ*

Керівник роботи _____ *Андрій ВАГІН*

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Каріна БЄЛОКОНЬ*

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 63 стор., 2 табл., 13 рис., 14 джерел.

ВІДХІДНІ ГАЗИ, СУХЕ ОЧИЩЕННЯ, ДИМОТЯГ, АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ВИПАРНИЙ СКРУБЕР, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР

Об’єкт роботи – ділянка газоочищення мартенівського цеху.

Предмет роботи – система сухого очищення технологічних газів, що відходять від мартенівської печі.

Мета кваліфікаційної роботи – розробити систему сухого очищення технологічних газів мартенівського виробництва сталі.

У кваліфікаційній роботі розглянуто технологію мартенівського способу отримання сталі. Дана характеристика пилогазових викидів, їх кількість і склад; розглянуті існуючі способи очищення газів мартенівського виробництва. Пропонується очищення від пилу газів сухим способом з використанням рукавного фільтру типа ФРІР з імпульсною регенерацією рукавів. Описані теоретичні основи очищення газів в рукавних фільтрах обраного типу та проведено розрахунки і вибір газоочисного обладнання. Після мартенівської печі запропоновано поставити котел-утилізатор, де газ охолоджується до температури 250°С. Після котла-утилізатора газ надходить у два випарні скрубери. Газ, охолоджений до температури 100°С, надходить на очищення у рукавний фільтр. Ступінь очищення газів від пилу становить 99,6%. Вловлений пил повертається у виробництво. Досліджено безпеку мартенівського процесу і устаткування, розглянуті потенційно небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища цеху, заходи щодо пожежної безпеки. Річний економічний ефект від запровадження очищення у рукавних фільтрах становив 4480,252 тис. грн, термін окупності додаткових капітальних вкладень 3,6 років.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 7
1.1 Опис мартенівського цеху 7
1.2 Опис мартенівської печі 8
1.3 Опис мартенівського виробництва 10
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 15
2.1 Характеристика газових викидів 15
2.2 Огляд існуючих способів очищення газу та вибір методу очищення 16
2.3 Розрахунок технологічної схеми очищення 20
2.3.1 Розрахунок апаратів схеми очищення газів . . . 20
2.3.2 Розрахунок аеродинамічного опору газовідвідного тракту . 29
2.3.3 Аеродинамічний розрахунок димової труби . . . 30
2.4 Утилізація пилу 35
2.5 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у роботі 36
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 42
3.1 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища мартенівського цеху 42
3.2 Заходи щодо запобігання небезпечним і шкідливим чинникам 45
3.3 Пожежна безпека 46
3.4 Розрахунок гасіння пожеж 55
ВИСНОВКИ 60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 62

ВСТУП

Зі зростанням промислового виробництва швидко зростало споживання вугілля, руд, нафти та інших матеріалів, спалювання та переробка яких призводили до значного та все більшого забруднення атмосфери газами та пилом. Перед підприємствами чорної і кольорової металургії припадає близько 20-25% загальної кількості шкідливих викидів в атмосферу, а районах розташування великих металургійних заводів і комбінатів понад 50% від кількості забруднень.

Стрімкий прогрес науки і техніки вимагає значного збільшення виробництва та споживання чорних металів, пластмас, будівельних та інших матеріалів. Промислове виробництво зростає не лише внаслідок будівництва нових підприємств, а й удосконалення технологічних процесів та реконструкції існуючих агрегатів. Металургійне виробництво розвивається головним чином в результаті застосування кисню та природного газу, що викликають різке збільшення кількості димових газів з великим вмістом дрібного пилу та шкідливих газових сполук.

Забруднене повітря шкідливо впливає не тільки на людей і тварин, але і на рослинний світ, завдає величезних матеріальних збитків, підвищуючи корозію металів, руйнуючи будівельні та інші матеріали**.**

Очищення газів від пилу та газоподібних речовин має не лише санітарно-гігієнічне, а й велике економічне значення. Але, як показав досвід газоочисних установок мартенівського цеху ВАТ «Запоріжсталь», суттєвим недоліком системи очищення є відсутність очищення від оксидів азоту. Це призводить до забруднення атмосфери, зміни мікроклімату, закислення грунтів, отруєння та загибелі рослинності, тварин та птахів. Головне ж полягає в тому, що забруднення атмосферного повітря оксидами азоту негативно позначається на здоров'ї людини, викликаючи ряд важких захворювань, включаючи онкологічні, а також ті, що передаються у спадок.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис мартенівського цеху

Мартенівські цехи оснащені високопродуктивним обладнанням, високим ступенем механізації трудомістких робіт та автоматизації процесів виробництва сталі. До складу мартенівського цеху входять такі відділення: головний корпус, шихтове відділення, міксерне відділення, відділення обробітку злитків, парк охолодження виливниць, відділення чищення та змащення виливниць, двір виливниць. У головному корпусі, де розміщуються мартенівські печі, знаходяться три відділення: шихтовий двір, пічний та розливний прольоти (рис. 1.1).

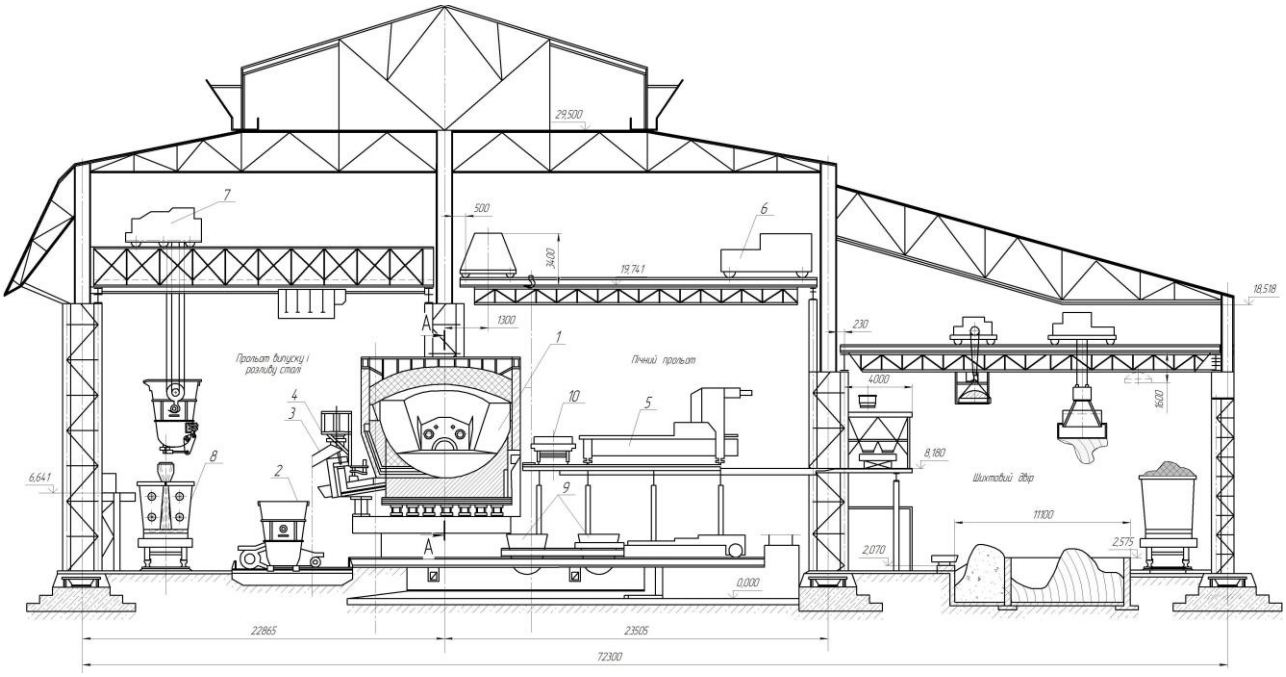


Рисунок 1.1 – Розріз мартенівського цеху: 1 – мартенівська піч, 2 – сталерозливний ківш, 3 – сталевипускний жолоб, 4 – бункер-дозатор для розкислювачей, 5 – завалочна машина, 6 – кран заливальний, 7 – кран розливний, 8 – тележка з виливницями, 9 – шлакова чаша, 10 – мульдові состави

1.2 Опис мартенівської печі

Мартенівський процес дозволяє отримати литу сталь плавленням брухту та чавуну на поду ванни відбивної печі. Перетворення чавуну на сталь передбачає окислення його домішок, отже, процес має бути окислювальним і в мартенівській печі повинні створюватися окислювальні умови. Щоб нагріти та розплавити тверді матеріали, підвищити температуру розплавів та здійснити фізико-хімічні процеси перетворення чавуну на сталь безпосередньо у мартенівській печі спалюється паливо. Таким чином, мартенівська піч є окисним, ванним, полум'яним, відбивним, регенеративним, реверсивним, плавильним агрегатом.

Мартенівські печі (рис. 1.2) розрізняються по паливу, що застосовується. Більшість мартенівських печей працює на змішаному газовому паливі-суміші доменного та коксового газів, при цьому можливі добавки інших газів.

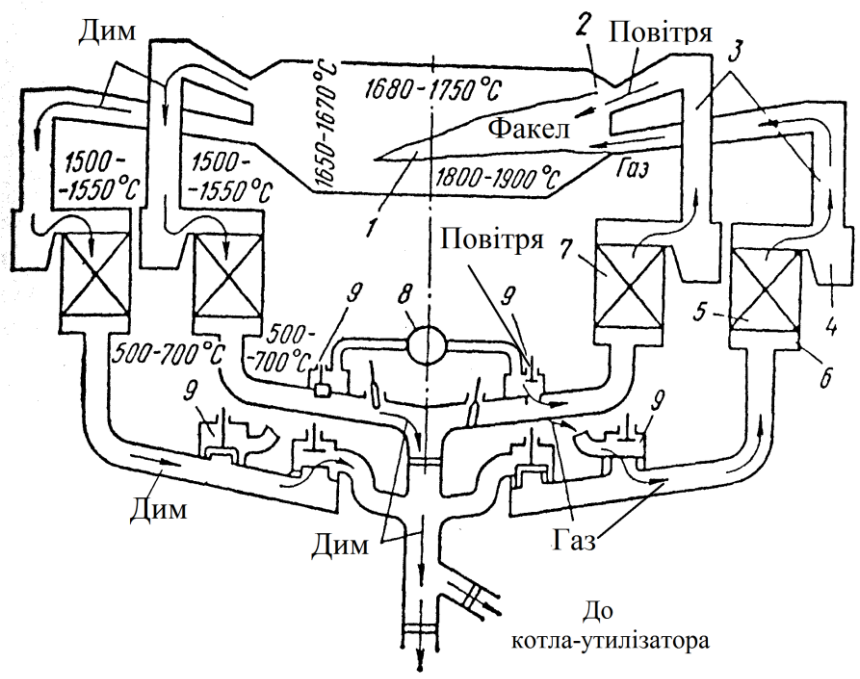


Рисунок 1.2 – Схема роботи мартенівської печі: 1 – робочий простір; 2 – головка; 3 – вертикальні канали; 4 – шлаковик; 5 – газовий регенератор; 6 – насадка; 7 – повітряний регенератор; 8 – вентилятор; 9 – перекидні клапани

Мартенівські печі можуть опалюватись висококалорійним газом (коксовим чи природним). У недавньому минулому набули великого поширення мартенівські печі, опалювані мазутом.

Мартенівська плавка поділяється на такі періоди: скрап-процес: заправка, завалка, прогрів та плавлення, кипіння (рудне та безрудне), розкислення та легування, випуск; скрап-рудний процес: заправка, завалка, прогрів, заливка чавуну, дефосфорація, плавлення, кипіння (рудне та безрудне), розкислення та легування, випуск [1].

Завалка і прогрів у скрап-рудному процесі становить 30%, а в скрап процесі – 60-70% тривалості всієї плавки. Поглинання тепла шихтою тим більше, що вища її теплопровідність і нижчий тепловий опір. Доцільно завалку проводити з перервами для проміжних прогрівів.

При скрап-рудному процесі під час прогріву готують піч до заливки чавуну, для чого насипають хибні пороги і встановлюють жолоби для заливання чавуну в піч.

У період завалки і прогріву теплосприйняття шихти максимальне, тому і теплове навантаження в цей період найбільше. Чергування шарів сипких матеріалів та кількісний розподіл матеріалів у шарах впливають на формування та склад шлаку.

У скрап-рудному процесі чавун займає велику частку металевої частини шихти, тому його заливка має вирішальне значення для всього процесу, і необхідно вибрати оптимальний момент заливання. При ранній заливці — на шихту, що ще не прогрілася, чавун віддасть своє тепло матеріалам, відбудеться «закозлення» і буде важко розігріти і розплавити матеріали. При пізній заливці чавун буде залитий на дуже багато сильно розігрітих шлаків. Відбудуться бурхливі реакції вибухового характеру і розплави можуть бути викинуті з печі. При надто енергійному спінюванні шлак може витекти з печі, не встигнувши прореагувати, тому, а також внаслідок високих температур, не відбудеться дефосфорації в потрібній мірі.

Чавун, доставлений з міксера, заливають у піч, коли скрап і вся шихта прогріті настільки, що чавун сприятиме подальшому плавленню. Ознакою цього є осідання скрапа внаслідок плавлення його. Під час заливання збільшується виділення газів ванною, регенератори надходить величезна кількість газів, тому для зменшення продуктів горіння скорочують подачу палива. Тепловий режим під час заливання чавуну та плавлення різко скорочують.

У скрап-рудному процесі первинний шлак видаляють у кількості 8-10% від маси металу. Від того, як було проведено скачування шлаку, залежить швидкість плавлення, тривалість доведення та якість кінцевої сталі.

Після скачування шлаку посилюється прогрів шлакоутворюючих, добре прогрітий вапняк інтенсивно розкладається і виділяє двоокис вуглецю [1].

1.3 Опис мартенівського виробництва

Технологічний процес одержання сталі в мартенівських печах включає кілька періодів: заправлення печі, завалку шихти, заливку чавуну, плавлення шихти, доведення плавки, розкислення, легування та випуск сталі з печі.

Заправка. Після випуску піч оглядають та виправляють помічені неполадки. За час плавки ті частини та передньої стінок, а також укосів печі, які стикалися зі шлаком, часто піддаються певному впливу цього шлаку і тому зазвичай потребують профілактичного ремонту. За допомогою заправних машин на ці місця накидається заправний матеріал (доломіт, магнезит). Ця операція називається заправкою печі; вона проводиться обов'язково після кожної плавки. Зазвичай з виявленого поглиблення стисненим повітрям видмуть шлак, що скупчився там, і на поверхню, що виявилася, наварюють необхідний шар вогнетривких матеріалів, закидаючи їх через завалочне вікно. Пагорби на поді «стравлюють», закидаючи на ці

місця матеріали, що вступають у взаємодію з матеріалами подини і знижують температуру їхнього плавлення. Операція заправки печі в залежності від стану подини, розмірів печі та умов проведення операції триває від 10 до 30 хвилин [2].

Завалення шихти. Подача металошихти та сипучих проводиться стандартними складами. Для печі ємністю 500 т завалку виробляють трьома складами. При продуванні ванни киснем завалка шихти проводиться в наступному порядку: на подину завалюється легковаговий брухт, потім вапняк, пакети, скрап і козли, обріз слябів і бій злитків. Шихта завалюється рівномірно по ванні.

Завалку всіх шихтових матеріалів необхідно проводити якнайшвидше при максимальному тепловому навантаженні без зниження температури зводу печі нижче 1500°С.

Для забезпечення швидкої заливки чавуну з подальшим енергійним перебігом реакції у ванні та спуском шлаку необхідний обов'язковий прогрів шихти без закозлення та її місцевого розплавлення. Прогрів вважається закінченим при невеликому осіданні шихти, легкому оплавленні кромок та зникненні плям на поверхні брухту.

Заливка чавуну. Заливка чавуну проводиться "під смолоскип" через два жолоби, встановлені в крайні завалочні вікна. Тривалість заливки трохи більше 25 хвилин. Все необхідне для заливки кількість чавуну подається до печі одночасно [2].

Плавлення шихти. Після повного зливу чавуну в піч починається продування ванни киснем. На початку продування кисневі фурми опускають обережно, щоб уникнути пошкоджень. У міру проплавлення шихти та зниження рівня ванни фурми опускають ще нижче. Під час продування вихідні сопла головок фурм знаходяться на 50-100 мм нижче рівня розділу шлак-метал. Через 10-15 хвилин після зливу всього чавуну в піч починається спуск шлаку. Своєчасне видалення шлаку - найважливіша умова отримання шлаку необхідної основності до моменту розплавлення, максимального

видалення сірки та фосфору з металу та мінімальних втрат заліза зі шлаком, що збігає. Оптимальна тривалість спуску шлаку 30-40 хвилин. Спуск шлаку здійснюється через поріг середнього вікна завалки..

В кінці плавлення, за 20-30 хвилин до повного розплавлення, відбирається попередня проба металу для визначення вмісту вуглецю та сірки. Якщо проба показує, що вміст вуглецю по розплавленню буде нижче встановленої межі для даної марки сталі, то допускається доливання рідкого чавуну в кількості, що не викликає перевантаження печі та сталерозливних ковшів.

Ознакою розплавлення ванни є відсутність місцевого буріння на її поверхні, наявність активного рідкопідвісного шлаку необхідної основності та нагрівання металу до температури 1540-1570°С.

Товщина шару шлаку, що залишився в печі на момент розплавлення, знаходиться в межах 60-100 мм. Після повного розплавлення ванни відбирають проби металу та шлаку. У пробі металу визначається вміст вуглецю, марганцю, сірки, фосфору та, за необхідності, нікелю, хрому та міді; у пробах шлаку – закис заліза та основність.

Доведення плавки. Операція, при якій в результаті підсаджування залізної руди або продування організується енергійне кипіння ванни, часто називають поліруванням. В результаті завантаження шлаку поступово формується високоосновний шлак і підвищується температура ванни. Це створює сприятливі умови видалення сірки.

Також для покращення умов видалення сірки та фосфору з металу в період доведення необхідно спустити шлак у кількості не менше ¼ чаші.

Показниками нормального проведення полірування є:

швидкість вигоряння вуглецю, яка в цей період повинна бути не нижче 0,35% на годину;

температура металу, яка повинна безперервно підвищуватися і до початку чистого кипіння бути на 10-30°С нижче необхідної перед випуском плавки.

Призначення періоду чистого кипіння – нагрівання металу до необхідної температури, доведення металу та шлаку до необхідного складу на момент розкислення. На печах, що працюють із продуванням ванни киснем, початок періоду чистого кипіння визначається утворенням сформованого рідкорухливого шлаку. Тривалість періоду чистого кипіння має бути 30-60 хвилин. Температура в період чистого кипіння постійно підвищується, але не повинна перевищувати температуру металу перед випуском.

Розкислення та легування. Кипіння ванни припиняється в момент введення в неї розкислювачів і добавок, що легують. Порядок їх введення та тривалість витримки металу в печі обумовлюються спеціальною інструкцією.

Розкислювачі, що вводяться в піч і в ківш, повинні бути сухими. Для забезпечення однорідності металу присадку розкислювачів в ківш починають при наповненні ковша металом на 1/5 висоти, проводять рівномірно і закінчують при наповненні ½ його висоти [3, 4].

При розкисленні сталі всіх марок повністю в ковші на момент випуску плавки припиняється подача кисню у смолоскип. Повністю вода розкислювачів у ківш: феромарганець – силікомарганець – феросиліцій.

Випуск сталі. Сталевипускний жолоб встановлюють на піч до заливання чавуну. Також за 30 хвилин до початку випуску під жолоб встановлюють ківш. Випускний отвір на момент випуску плавки ретельно обробляють і очищають від заправних матеріалів. Тривалість випуску плавки 7-15 хвилин.

Низьколеговані, спокійні, нестаріючі та напівстійкі марки стали з метою усереднення хімічного складу та температури під час випуску продувають аргоном. Продування здійснюється через шиберний затвор від початку випуску до появи шлаку. На початку продування тиск аргону має бути 200 кПа, витрата його 30-70 м³/год. До кінця сходу плавки тиск аргону має бути не менше 400 кПа, витрата 50-80 м³/год (залежно від інтенсивності бурління). Потім метал необхідно витримати в ковші протягом 15-20 хвилин

до початку розливання.

У мартенівській печі димові гази утворюються в результаті згоряння палива, нагрівання та розкладання сипких матеріалів та окислення вуглецю шихти (вуглекислий газ та оксид вуглецю).

Основними джерелами шкідливих викидів в атмосферу при виплавці сталі є шихтове, міксерне та сталеплавильне відділення. У шихтовому при вивантаженні з вагонів та завантаженні в мульди виділяється велика кількість пилу. У міксерному відділенні при заливанні чавуну в міксер і зливі його в ковші в атмосферу виділяються викиди аглодоменного пилу, окису вуглецю та сірчистого ангідриду. Зливні отвори міксерів обладнані аспіраційними установками з очищенням викидів у рукавних фільтрах.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика газових викидів

При горінні природного газу в мартенівській печі утворюються димові гази, що містять оксиди азоту та вуглецю, бенз(а)пірен та оксиди сірки. Крім того, димові гази забирають з собою велику кількість плавильного пилу, особливо в періоди продування ванни печі киснем.

У ці ж періоди в результаті високих температур відбувається конденсування металу і виділяється субмікронний (вигінний) пил, що супроводжується виділенням бурого диму.

Хімічний склад пилу залежить від якості шихти, типу сталі, що виплавляється, способу введення процесу, виду палива і тривалості плавки. Зразковий склад пилу перед газоочищенням, %: 92,7% Fe_2O_3; 0,9% Al_2O_3; 1,65% CaO; 0,9% MgO; 1,1% MnO; 0,8% SiO_2 [5].

Основну частину пилу під час продування ванн складають первинні частинки з діаметром 0,01-1,0 мкм. Середній медіанний розмір цих частинок становить 02-04 мкм.

Відхідні гази мартенівських печей містять значну кількість пилу, виділення якого за періодами плавки нерівномірно.

На початку процесу плавки газами, що відходять, захоплюються дрібні частинки пилу, а в кінцевій стадії процесу при інтенсивності виділення з ванни СО виносяться частинки шлаку. Причиною збільшення запиленості газів, що відходять, по ходу плавки є також завантаження в піч сипучих матеріалів і добавки руди у ванну в період кипіння сталі. При інтенсифікації процесу горіння палива за допомогою кисню реакція окислення вуглецю у ванні протікає швидше та запиленість газів зростає.

Дисперсний склад пилу багато в чому залежить від інтенсивності продування продування ванни і може бути виражений такими цифрами:

Розмір частинок:	>1	1–6	1,6–2,5	2,5–4	4–6,3	6,3–10	10–16	16–25	<25
Вміст %:	4	4	6	14	18	16	22	9	71

Плавильний пил мартенівських печей, незважаючи на складний хімічний склад, має простий мінералогічний склад. Пил, відібраний з вертикального каналу при продуванні ванни киснем, містить переважно мінерали заліза: магнетит, вюстит, гематит, у невеликих кількостях спостерігаються силікати.

Питомий електричний опір залежить від температури та вологості газів, що очищаються. При температурі 20 - 300°С і вологості димових газів, що визначається точкою роси 18-60°С, питомий електричний опір становить 100000000Ом см. максимальну ефективність осадження частинок пилу в електрофільтрах слід очікувати в діапазоні температур 150-180°С та вологості газу 50-150г/м³ (точка роси 40-60°С).

Розчинність пилу у воді становить 5-12%, а густина пилу дорівнює 4,5-5,2 т/м³ [5].

Пил, що відноситься від печі, значною мірою осідає газовим трактом: 50-60% у шлаковику, 15-20% у регенераторах, 10-15% у котлі-утилізаторі.

Димарі, що відходять, рухаються в робочому просторі печі зі швидкістю 1,5-2 м/с, і при температурі 1759°С через головки печі направляються в регенератори, а потім в котли-утилізатори. Температура газів після утилізатора котла становить 200-250°С.

Температура газів після регенераторів становить середньому 600°С. Середній об'ємний склад газів, що відходять,%: CO_2 – 12,8, H_2O – 16, N_2 – 64,4, O_2 – 6,8. Обсяг газів, що надходять на газоочищення, становить у середньому 170000 м³/год.

2.2 Огляд існуючих способів очищення газу та вибір методу очищення

Газоочисна установка повинна забезпечувати уловлювання пилу та утилізацію фізичної теплоти газів, що відходять.

В даний час за всіма великими мартенівськими печами встановлені котли-утилізатори, в яких виробляється водяна пара і температура газів, що відходять, при цьому знижується від 600-700°С до 200-250°С. Котли-утилізатори мартенівських печей стандартизовані та серійно виготовляються на спеціальних котлобудівних заводах [5].

Для очищення відхідних газів мартенівських печей застосовують два способи: мокре очищення в скруберах Вентурі і сухе очищення в електрофільтрах або тканинних рукавних фільтрах (рис. 2.1) [5].

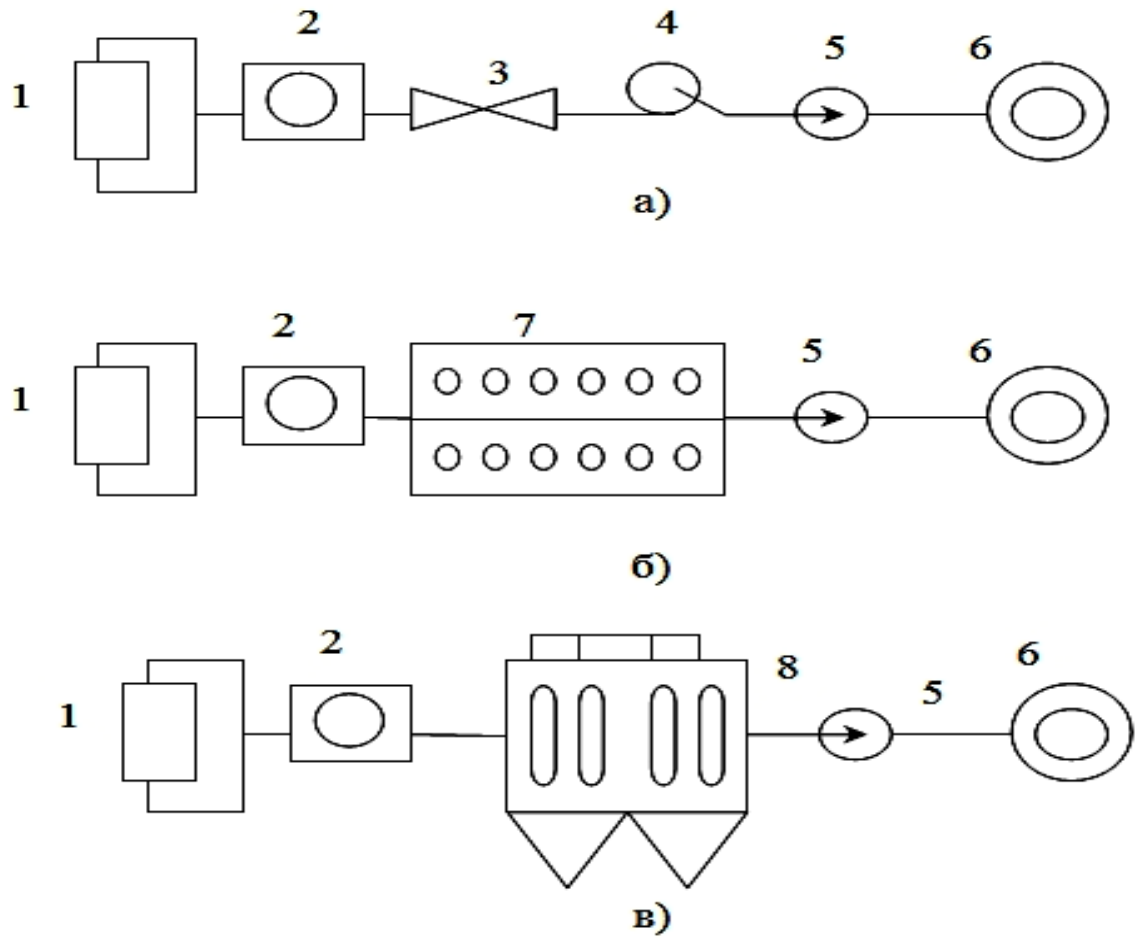


Рисунок 2.1 – Схема очищення мартенівських газів: а – мокре очищення в скрубері Вентурі; б, в – сухе очищення в електрофільтрах і тканинних фільтрах; 1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – труба Вентурі; 4 – краплевловювач; 5 – димотяг; 6 – димар; 7 – електрофільтр; 8 – рукавний фільтр

На багатьох комбінатах успішно експлуатується схема мокрого очищення мартенівських газів у скруберах Вентурі. Наприклад, на газоочисній установці 250-тонної мартенівської печі №2 ВАТ «Запоріжсталь» встановлено 6 труб Вентурі, а 500-тонної печі №6-10 труб (рис. 2.2). Труби Вентурі успішно працюють при очищенні газів, що відходять з мартенівських печей, також і при інтенсивному продуванні ванни киснем.

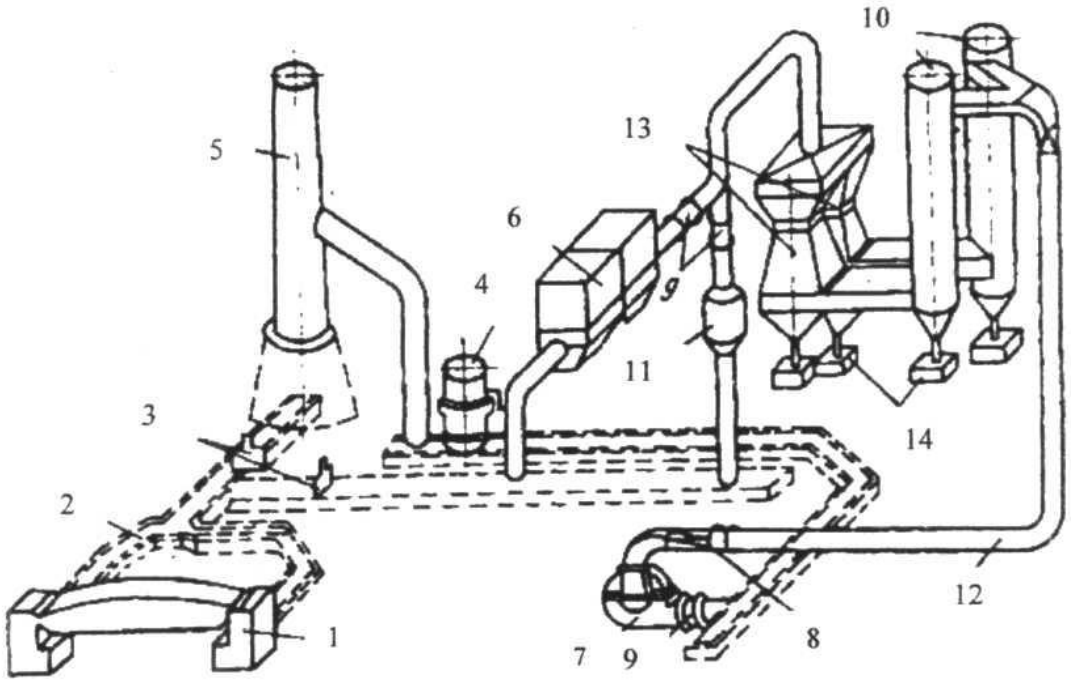


Рисунок 2.2 – Схема очищення мартенівських газів в скруберах Вентурі: 1 – мартенівська піч; 2 – борова; 3 – шибер обвідний газохід; 4 – пристрій для підігріву газу; 5 – димар; 6 – котел-утилізатор; 7 – димотяг; 8 – направляючий апарат димотягів; 9 – дросель – клапан; 10 – відцентровий скрубер; 11 – зрошувальна камера; 12 – газопровід очищеного газу; 13 – блок труб Вентурі; 14 – гідрозатвор

Перепад тиску у трубі Вентурі становить близько 7 кПа. При питомій витраті води 1,0-1,2 кг/м³ газу на виході з очисного пристрою запиленість знижується до 80 мг/м³ навіть за підвищення вмісту пилу в окремі моменти на вході в очисну споруду до 16г/м³.

У разі відключення котла-утилізатора гази з температурою 600-700°С подаються прямо на Вентурі труби і їх ефективність при цьому не знижується. Це є суттєвою їхньою гідністю.

Але поряд з перевагами існує і ряд недоліків при використанні мокрої схеми очищення в скруберах Вентурі [5]:

- великі енерговитрати (опір скрубера Вентурі близько 7 кПа),

- громіздке шламове господарство,

- важкі умови роботи вентиляторів: вологий газ, що проходить через лопатки, сприяє налипанню на них пилу, що і ускладнює роботу, а також веде до виходу обладнання з ладу,

- газовий тракт піддається корозії.

Застосування сухого способу очищення газів, що відходять від мартенівських печей, в електрофільтрах можливе за умови зволоження газів, що надходять до них, до 130-150 г/м сухого газу.

Експлуатуються наступні типи електрофільтрів: пластинчасті, горизонтальні з S-подібними осаджувальними та багнетовими коронуючими електродами; а також ці фільтри, але тільки штикові електроди замінені стрічковими голчастими.

Недолік цього способу: електрофільтру необхідні постійні умови роботи, а мартенівська піч працює циклічно. Апарат може не витримати такого навантаження.

Тому за кордоном останні десять років використовують схеми сухого способу очищення із застосуванням тканинних фільтрів. При цьому способі очищення:

- малі енерговитрати через відносно невеликий гідравлічний опір апарату (близько 2-2,5 кПа),

- уловлюваний пил сухий, що дозволяє його повністю повернути в агломерат з попередньою обробкою.Концентрація пилу після рукавного фільтра близько 5-10 мг/м³, що відповідає ефективності n=99,9-99%.

Найбільш економічніше застосовується для рукавного фільтра тканина

з оксалону, так як термостійкіша.

У кваліфікаційній роботі запропоновано суху схему очищення газів у високоефективному рукавному фільтрі типу ФРІР, що наведена на рис. 2.3. Охолодження газів відбувається у котлі-утилізаторі, скрубері та основне очищення в тканинному фільтрі (рис. 2.3).

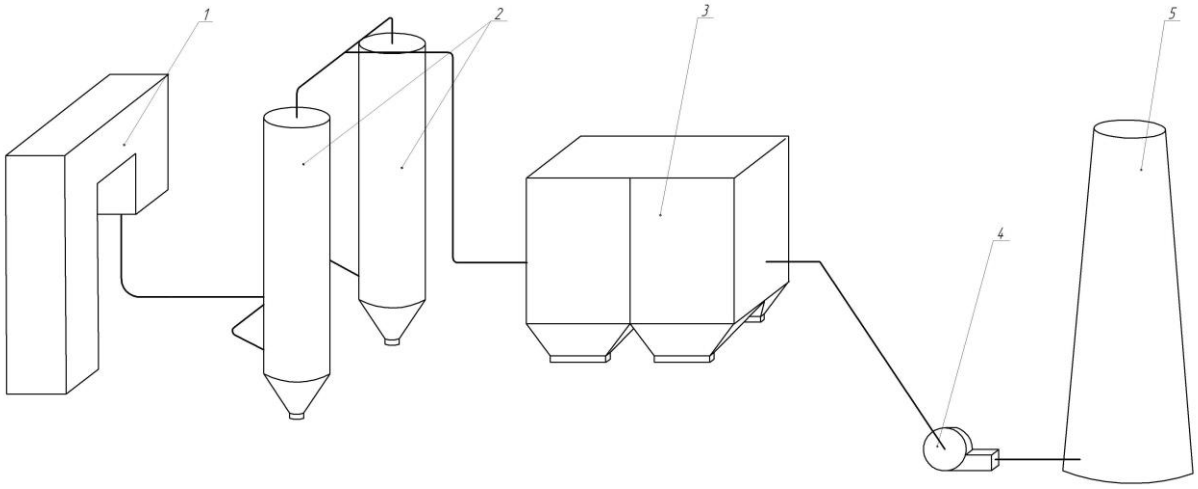


Рисунок 2.3 – Схема очищення мартенівських газів: 1 – котел-утилізатор; 2 – випарний скрубер; 3 – рукавний фільтр; 4 – димотяг; 5 – димова труба

2.3 Розрахунок технологічної схеми очищення

2.3.1 Розрахунок апаратів схеми очищення газів

Вихідні дані:

1. Витрата газу – 92 тис. нм^3/год = 25,6 м^3/с;
2. Запиленість – 5 г/м^3;
3. Температура – 800^{0}С;
4. Газовий склад, %: N_2 – 79,2; O_2 – 7; CO – 0,2; CO_2 – 14; H_2O – 11; SO_2 – 120мг/м^3 = 4,2·10^{-3}%.
5. Дисперсний склад пилу:

Фракція, мкм	<1	1-5	>5
Вміст, %	60	25	15

6. Очищення підлягає газ із розрядженням 0,8 кПа;

Схема очищення: котел-утилізатор-скруббер-тканинний фільтр (рис. 2.4) [6].

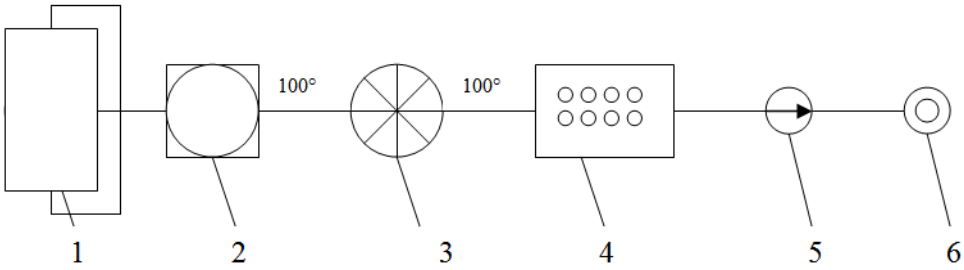


Рисунок 2.4 – Технологічна схема очищення мартенівських газів: 1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 - випарний скрубер; 4 – тканинний фільтр; 5 – димосос; 6 – димова труба

Котел-утилізатор

Котел-утилізатор підбирається за температурою та витратою газу.

Визначаємо щільність газової суміші за нормальних умов, кг/м^3:

$$\rho_0 = \sum a_i \cdot \rho_i = 0{,}792 \cdot 1{,}251 + 0{,}07 \cdot 1{,}429 + 0{,}002 \cdot 1{,}25 + 0{,}14 \cdot 1{,}976 + \\ + 0{,}11 \cdot 0{,}804 + 4{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}927 = 1{,}46$$

Щільність газів за робочих умов, кг/м^3:

$$\rho = \rho_0 \frac{273 \cdot \left(P_{бар} \pm P_ц\right)}{\left(273 + T_г\right) \cdot 101{,}3 \cdot 10^3} = 1{,}46 \cdot \frac{273 \cdot \left(101{,}3 - 0{,}8\right)}{\left(273 + 800\right) \cdot 101{,}3} = 0{,}37 .$$

де ρ_0 – щільність газів за нормальних умов, кг/м^3;

$Р_{бар}$ – нормальний атмосферний тиск, Па;

$Р_г$– розрядження газу, Па;

$Т_г$ – температура газів.

Витрата газів за робочих умов, м^3/с:

$$V_p = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho \cdot 3600} = \frac{92000 \cdot 1{,}46}{0{,}37 \cdot 3600} = 100{,}8.$$

де V_0 – об'ємна витрата газів за нормальних умов, м^3/год.

За каталогом вибираємо котел-утилізатор марки ОКГ – 400.

Випарний скрубер

Вихідні дані:

- об'ємна витрата газу за нормальних умов Q_0 = 25,6 м^3/с;
- опір у скрубері Р = -3,3 кПа;
- початкова температура газу t = 250 °С;
- тиск води перед форсунками Рж = 0,4 МПа;
- початкова температура води t = 20 °С;
- втрата тиску в скрубері $\Delta Р_{ап}$ = 250 Па.

Об'ємна частка компонентів мартенівського газу, %:

N_2 – 79,2; O_2 – 7; CO – 0,2; CO_2 – 14; H_2O – 11; SO_2 – $4{,}2 \cdot 10^{-3}$.

1) Ентальпія газу на вході в скрубер (t = 250 °С):

$$I_1 = 0.01 \sum_1^n i \cdot r = 0{,}01 \cdot (325{,}95 \cdot 79{,}2 + 337{,}05 \cdot 7 + 328{,}6 \cdot 0{,}2 + 458{,}25 \cdot 14 +$$

$$+3{,}55 \cdot 11) = 388{,}7 \text{ кДж/м}^3.$$

2) Приймаємо, що на виході зі скрубера газ має температуру $t_г$=100 °С. Ентальпія газу за цієї температури [6]:

$$I_2=0,01\cdot(129,8\cdot79,2 + 131,9\cdot7 + 130,2\cdot0,2 + 170\cdot14 + 150,7\cdot11) =$$
$$= 152,7 \text{ кДж/м}^3.$$

3) Кількість води, що передається в скрубері від газу до води:

$$Q = V_0\cdot(i_1-i_2) = 25,6\cdot(388,7 – 152,7) = 6041,6 \text{ кВт}.$$

Приймаємо коефіцієнт випаровування води в скрубері φ = 1, кінцеву температуру води = 95 °С.

4) Середня температура газу в скрубері:

$$t_{ср} = (t_1+t_2)/2 = (250+100)/2 = 175 \text{ °C}.$$

5) Ентальпія насиченої пари при середній температурі газу в скрубері $i_п$ = 2768,2 кДж/кг, ентальпія води при початковій температурі $t_н$ = 20 °С, $i_п$ = 83,9 кДж/кг, при кінцевій температурі $t_к$ = 95 °С, $i_п$ = 398,04 кДж/кг.

6) Витрата води в скрубері:

$$M_в = \frac{Q}{\varphi\cdot(i_п - i_н) + (1-\varphi)\cdot(i_к - i_п)} = \frac{6041,6}{1\cdot(2768,2-83,9) + (1-1)\cdot(398,04-83,9)} = 2,3 кг/с.$$

7) Об'ємна витрата газу за робочих умов на вході в скрубер:

$$V = \frac{V_0(273+t_г)B}{273(101,3-P)} = \frac{25,6(273+250)101,3}{273(101,3-3,3)} = 50,7 м^3/с.$$

8) Питома витрата води на зрошення:

$$m=\frac{M_в}{V_1}=\frac{2,3}{50,7}=0.045кг/м^3 \ .$$

9) Вологість газу на виході зі скрубера за нормальних умов:

$$f_{0г}=f_0+\frac{\varphi\cdot M_в}{V_0}=88+\frac{1\cdot 2,3\cdot 10^3}{25,6}=177,8г/м^3.$$

10) Максимально можлива абсолютна вологість газу за робочих умов на виході зі скрубера:

$$f_н=\frac{P_п}{R_п\cdot T}\cdot\frac{P}{P-P_п}=\frac{16965}{463\cdot 373}\cdot\frac{98025}{98025-16965}=0,119кг/м^3.$$

11) Наведена до нормальних умов максимально можлива вологість газу на виході зі скрубера:

$$f_{0н}=f_н\cdot\frac{101325\cdot T}{273\cdot P_a}=0,119\cdot\frac{101325\cdot 373}{273\cdot 98025}=0,17кг/м^3.$$

Розрахунки показали, що газ на виході зі скрубера насичений водяними парами (відносна вологість φ = 1) і містить максимально можливу їх кількість – 0,17 кг/м^3.

12) Об'ємна витрата газу за робочих умов на виході зі скрубера:

$$V_г=V_{0C}\cdot\left(1+\frac{f_0}{0.804}\right)\cdot\frac{101325\cdot T}{273\cdot P}=25,6\cdot\left(1+\frac{0.17}{0.804}\right)\cdot\frac{101325\cdot 373}{273\cdot 98025}=48,4м^3/с.$$

13) Середня різниця температур між газом і водою в скрубері:

$$\Delta t=\frac{(t_1-t_k)-(t_2-t_н)}{\ln\frac{t_1-t_k}{t_2-t_н}}=\frac{(250-95)-(100-20)}{\ln\frac{250-95}{100-20}}=113,4°C.$$

14) Щільність мартенівського газу за нормальних умов:

$$\rho_0 = \sum a_i \cdot \rho_i = 0{,}792 \cdot 1{,}251 + 0{,}07 \cdot 1{,}429 + 0{,}002 \cdot 1{,}25 + 0{,}14 \cdot 1{,}976 + \\ + 0{,}11 \cdot 0{,}804 + 4{,}2 \cdot 10^{-6} \cdot 2{,}927 = 1{,}46 кг / м^3.$$

15) Щільність газу за робочих умов на виході зі скрубера:

$$\rho_г = \frac{\rho_0 + f_0}{1 + \frac{f_0}{0.804}} \cdot \frac{273 \cdot P}{101325 \cdot T} = \frac{1.46 + 0.17}{1 + \frac{0.17}{0.804}} \cdot \frac{273 \cdot 98025}{101325 \cdot 373} = 0{,}87 кг / м^3 .$$

16) Об'ємний коефіцієнт теплопередачі:

$$К_0 = (17{,}4 + 115 \cdot m \cdot U_г) \cdot \rho_г \cdot U_г = (17{,}4 + 115 \cdot 1 \cdot 1{,}2) \cdot 0{,}95 \cdot 1{,}2 = 177{,}2 \text{ Вт/(м}^3\text{°С)}.$$

17) Необхідний обсяг скрубера:

$$V_{скр} = \frac{10^3 \cdot Q}{K_0 \cdot \Delta t} = \frac{10^3 \cdot 6041{,}6}{177{,}2 \cdot 113{,}4} = 300 м^3 .$$

18) Діаметр скрубера:

$$Д = (V_г / 0{,}785 \cdot U_г)^{0{,}5} = (48{,}4 / 0{,}785 \cdot 1{,}2)^{0{,}5} = 7{,}2 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $d_{ст} = 5{,}5$ м.

19) Корисна висота скрубера:

$$Н = \frac{V_{скр}}{0{,}785 \cdot Д^3} = \frac{300}{0{,}785 \cdot 5{,}5^2} = 12{,}6 м .$$

Вибираємо 2 скрубери марки АКРП діаметром 5,5 м.

Зміна газового складу після випарного скрубера:

18г – 22,4 л X_{H_2O} = 331,3 л

177,8 г – X_{H_2O} л

N_2 – 79,2; O_2 – 7; CO – 0,2; CO_2 – 14; H_2O – 11; SO_2 – $4{,}2\cdot10^{-3}$%.

792л	70л	2л	140л	0,042л	331,3	V = 1335,342 л
59,3%	5,24	0,15	10,48	$3\cdot10^{-3}$	24,8%	100%

1) Запиленість після випарного скрубера:

$$Z=\frac{5}{1{,}34}=3{,}73 г/м^3.$$

2) Щільність газів за нормальних умов після випарного скрубера:

$$\rho_0=\sum a_i\cdot\rho_i=0{,}593\cdot1{,}251+0{,}0524\cdot1{,}429+0{,}0015\cdot1{,}25+0{,}1048\cdot1{,}976+$$
$$+0{,}248\cdot0{,}804+3\cdot10^{-6}\cdot2{,}927=1{,}23 кг/м^3.$$

3) Щільність газів за робочих умов після випарного скрубера:

$$\rho=\rho_0\frac{273\cdot(P_{бар}\pm P_ц)}{(273+T_г)\cdot101{,}3\cdot10^3}=1{,}23\cdot\frac{273\cdot(101{,}3-3{,}55)}{(273+100)\cdot101{,}3}=0{,}87 кг/м^3.$$

4) Витрата газів за нормальних умов після випарного скрубера:

$$Q_0=92000\cdot1{,}34=123280\ м^3/ч=34{,}2\ м^3/с.$$

5) Витрата газів за нормальних умов після випарного скрубера:

$$V_p=\frac{V_0\cdot\rho_0}{\rho}=\frac{34{,}2\cdot1{,}23}{0{,}87}=48{,}4 м^3/с.$$

Рукавний фільтр

Вихідні дані:

- об'ємна витрата газу за нормальних умов $V_0 = 34.2$ м^3/с;
- запиленість газу, що надходить на очищення $Z_1 = 3{,}73$ г/м^3;
- щільність пилу $\rho = 4$ г/см^3;
- середній розмір частинок пилу dм = 1 мкм;
- пористість шару пилу m = 0,85;
- температура газу t=100 °С;
- динамічна в'язкість газу за робочих умов $\mu=10\cdot10^{-6}$;
- допустимий опір фільтра $\Delta P = 2$ кПа.

Вибираємо тканину нітрон НЦМ, термостійкість якої близько 120°С. У цьому випадку пористість тканини $m_1=0{,}83$, а питомий опір $h=1{,}8\cdot10^5$ Па.

Для уловлювання мартенівського пилу використовую тканинний фільтр з імпульсним продуванням. Питома газова навантаження становить 1,8 м^3/м^{2}хв. Виходячи з цього швидкість газу рукавному фільтрі дорівнює 0,03 м/с. У цьому випадку необхідна площа фільтрувальної поверхні становитиме [6]:

$$S=V_р/U_г,$$

де $V_р$ – об'ємний витрата газу за робочих умов, він складе

$$V_р=34{,}2\cdot\frac{273+100}{273}\cdot\frac{101{,}3}{101{,}3-3{,}55}=48{,}4 м^3/с.$$

$$S = 48{,}4/0{,}03 = 1613{,}3 \text{ м}^2.$$

За каталогом вибираємо рукавний фільтр типу ФРІР-2000 з такими характеристиками:

- продуктивність по газу, що очищається 180…240 тис. м^3/год;

- питоме газове навантаження 1,5…2,0 м^3/м^2·хв;
- площа поверхні фільтрування 2000 м^2;
- допустима температура газу, що очищається 135 °С;
- запиленість газу на виході з фільтра 20 мг/м^3;
- гідравлічний опір фільтра 2 кПа;
- тиск стисненого повітря 0,6 МПа;
- витрата стисненого повітря 240 м^3/год;
- кількість рукавів фільтрувальних 960 шт.

Фактична швидкість газу у фільтрі:

$$U_ф = V_р/S = 48,4/2000 = 0,0242 \text{ м/с.}$$

При прийнятих втраті тиску у фільтрі ΔР = 2 кПа та фактичної швидкості фільтрування Uф=0,0242 м/с час між регенераціями фільтру:

$$\tau = \frac{\rho_1 \cdot (\Delta P - A \cdot B)}{A \cdot Z_1 \cdot U_\phi},$$

де

$$A = \frac{817 \cdot \mu \cdot U_\phi \cdot (1-m)}{d_m^2 \cdot m^3} = \frac{817 \cdot 10 \cdot 10^{-6} \cdot 0.0242 \cdot (1-0.85)}{(1 \cdot 10^{-6}) \cdot 0.85^3} = 35.3 \cdot 10^{-6};$$

$$B = 0,82 \cdot 10^{-6} \cdot d_m^{0.25} \cdot m_1^3 \cdot (1-m) \cdot h^{2/3} = 0.82 \cdot 10^{-6} \cdot (1 \cdot 10^{-6}) \cdot 0.83^{0.25} \cdot$$
$$(1-0.85) \cdot (1.8 \cdot 10^5)^{2/3} = 3.74 \cdot 10^{-6}.$$

$$\tau = \frac{4000 \cdot (2000 - 35,3 \cdot 10^6 \cdot 3,74 \cdot 10^{-6})}{61 \cdot 10^6 \cdot 6,87 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0242} = 619 \text{ сек} \approx 10 \text{ хв.}$$

Розріз системи очищення мартенівських газів наведено на рис. 2.5.

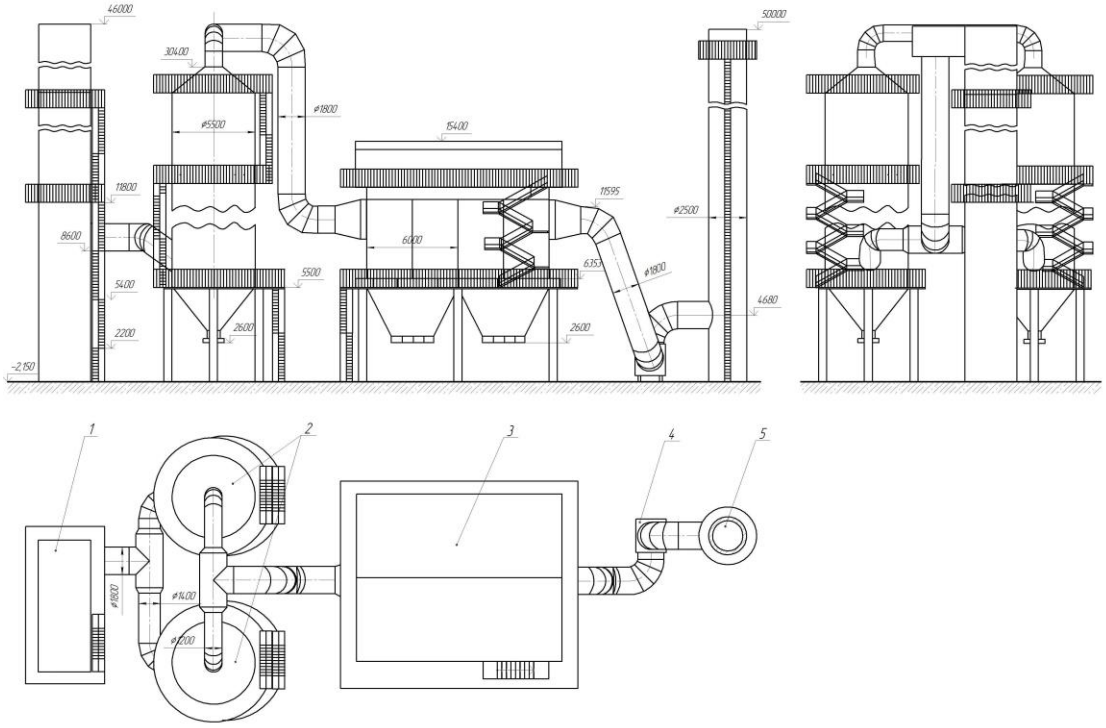


Рисунок 2.6 – Розріз системи очищення мартенівських газів: 1 – котел-утилізатор ОКГ-400; 2 – випарний скрубер АКРП; 3 – рукавний фільтр ФРІР-2000; 4 – димотяг ВМ-180/1100; 5 – димова труба

2.3.2 Розрахунок аеродинамічного опору газовідвідного тракту

План очищення мартенівських газів для аеродинамічного розрахунку наведено на рис. 2.6.

Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту наведено в табл. 2.1 [7].

Виходячи з аеродинамічних розрахунків підбираємо димотяг:

Розрідження перед димососом Р = -6172 Па;

Витрата перед димососом Q = 49,4 м^3/с.

Коефіцієнт перерахунку:

$$K = \frac{(273 + T_Г) \cdot 101{,}3 \cdot \rho_{ог}}{(273 + T_{кат}) \cdot P_{бар} \cdot \rho_{ов}} = \frac{(273 + 100) \cdot 101{,}3 \cdot 1{,}29}{(273 + 100) \cdot 101{,}3 \cdot 0{,}85} = 1{,}5 .$$

Створюваний димососом тиск (розрядження), наведений до умов каталогу, за яким вибирається димосос $\Delta P_{кат}$ приймаємо рівним:

$$\Delta P_{кат} = 1{,}2 \cdot P_p \cdot K = 1{,}2 \cdot 6172 \cdot 1{,}5 = 11110 \quad Па .$$

За каталогом вибираємо димосос марки ВМ-180/1100 із такими технічними характеристиками: Н = 14465 Па. Електродвигун марки ДА302-16-44-6/8; потужність 600 квт; число оборотів n=1480 об/хв; m=6800 кг.

Необхідна потужність електродвигуна:

$$N = \frac{V \cdot \Delta P_{кат} \cdot 10^{-3}}{\eta_{кат} \cdot \eta_2} = \frac{49{,}4 \cdot 11110 \cdot 10^{-3}}{0{,}76 \cdot 1} = 722 \quad кВт .$$

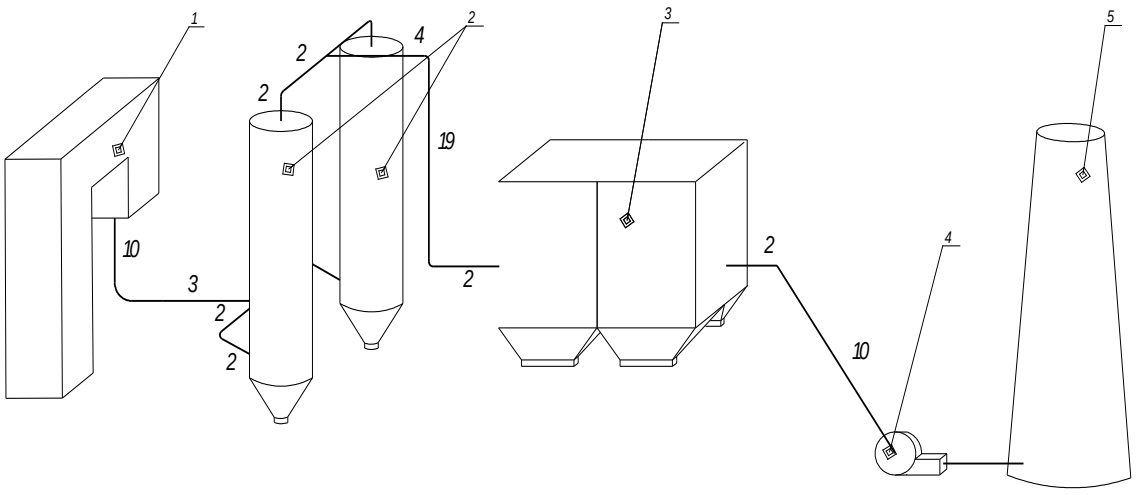


Рисунок 2.6 – План очищення мартенівських газів: 1 – котел-утилізатор; 2 – скрубер; 3 – рукавний фільтр; 4 – димотяг; 5 – димова труба

2.3.3 Аеродинамічний розрахунок димової труби

Вихідні дані:

-температура газу $t_г$ = 100 °С;

- витрата газу за нормальних умов Q_0 = 34,2 м^3/с;

Таблиця 2.1 – Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту

№ ділянки	Найменування	Q, $м^3/с$	ρ, $кг/м^3$	D, м	V, м/с	l, м	Місцеві опори	ξ	ΔPl, Па	ΔPм, Па	± P, Па
1	КУ-розгалуження	50,7	0,74	1,8	19,8	13	1)Плавний поворот 2)Розгалуження	0,24 0,47	32	103	-3300
2	розгалуження-скруббер	25,35	0,74	1,4	16,5	4	1) Плавний поворот	0,24	9	25	-3435 -250
3	скрубер-сходження	24,2	0,87	1,2	21,4	4	1) Плавний поворот 2) Злиття	0,24 0,38	20	124	-3719
4	сходження-РФ	48,4	0,87	1,8	19	25	1) 2 повороти 2) Дифузор	0,48 0,35	66	131	-3863 -2000
5	РФ-димосос	49,4	0,85	1,8	19,4	12	1) Раптове звуження 2) Поворот 107° 3) Конфузор	0,25 0,1 0,15	32	80	-6060

$\sum P = -6172$

- тиск газу $P_г = 14,5 – 6,2 = 8,3$ кПа [7];

- щільність газу за нормальних умов $\rho_0 = 1,23$ кг/м^3.

Витрата газу за робочих умов:

$$Q = 34,2 \cdot \frac{273+100}{273} \cdot \frac{101,3}{(101,3+8,3)} = 43,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Розрахункову висоту труби визначити з умов розсіювання за формулою:

$$H_р = \sqrt{\frac{A \cdot M \cdot F}{(ПДК - C_ф)} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{Q \cdot \Delta t}}} = \sqrt{\frac{160 \cdot 1,013 \cdot 2}{(0,5-0,4)} \cdot \frac{1}{\sqrt[3]{43,2 \cdot 77}}} = 15 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту труби Н = 50 м.

Щільність газу, що викидається при робочих умовах:

$$\rho = 1,23 \cdot \frac{273}{273+100} \cdot \frac{101,3+8,3}{101,3} = 0,97 кг/м^3.$$

Гідравлічний опір димової труби:

$$\Delta P_{тр} = \lambda \cdot \frac{H_р}{D} \cdot \frac{U_0^2}{2} \cdot \rho = 0.05 \cdot \frac{50}{2,5} \cdot \frac{10^2}{2} \cdot 0,97 = 49 Па.$$

Динамічне тиск газу, необхідне створення швидкості U0, розраховуємо за формулою:

$$P_{дин} = \frac{U_0^2}{2} \cdot \rho = \frac{10^2}{2} \cdot 0,97 = 49 Па.$$

Сумарний тиск складе:

$$\sum P = \Delta P_{тр} + P_{дин} = 49 + 49 = 98 \text{ Па}.$$

Розрахунок тяги, створюваної трубою, виконуємо за формулою:

$$P_т = (\rho_в-\rho)\cdot g\cdot H_р = (1{,}17-0{,}97)\cdot 9{,}81\cdot 50 = 99 \text{ Па}.$$

Потім розраховуємо додатковий тиск:

$$P_{доп} = P_т-\sum P = 99 - 98 = 1 \text{ Па}.$$

Загальний ступінь очищення складає:

$$\eta = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1} = \frac{5 - 0.02}{5} = 99.6\%.$$

Після конвертера стоїть котел-утилізатор марки ОКГ-400, де газ охолоджується до температури 250°С.

Після котла-утилізатора газ надходить у два випарні скрубери марки АКРП з такими технічними характеристиками:

- витрата газу 130 м^3/с;
- діаметр скрубера 5,5 м;
- висота скрубера 27,8 м;
- маса скрубера 55,8 т.

Газ, охолоджений до температури 100°С, надходить на очищення тканинного фільтра марки Ф-2000-01 з такими характеристиками:

- продуктивність по газу, що очищається 180…240 тис. м^3/год;
- питоме газове навантаження 1,5…2,0 м^3/м^2·хв;
- площа поверхні фільтрування 2000 м^2;
- допустима температура газу, що очищається 135 °С;
- запиленість газу на виході з фільтра 20 мг/м^3;
- гідравлічний опір фільтра 2 кПа;
- тиск стисненого повітря 0,6 МПа;

- витрата стисненого повітря 240 $м^3$/год;

- кількість рукавів фільтрувальних 960 шт.

Цей апарат призначений для сухого очищення газів. Оскільки мартенівський газ після котла-утилізатора все ще має високу температуру, у таких фільтрах використовуються спеціальні термостійкі тканини.

Основні вузол та компоненти:

- Корпус: прямокутна або циліндрична сталева конструкція, розділена на камери.
- Фільтрувальні рукави: тканинні циліндри, натягнуті на металеві каркаси. Саме на їхній поверхні затримується пил.
- Камера «брудного» газу: нижня частина, куди надходить газ із печі. Тут швидкість потоку падає, і великі частки пилу опадають у бункер.
- Камера «чистого» газу: верхня частина, куди виходить очищений газ після проходження крізь тканину.
- Система регенерації (очищення): найважливіший вузол. У моделі 2000-01 це зазвичай імпульсна продувка стисненим повітрям. Різкий удар повітря скидає шар пилу з рукавів у бункер.
- Бункер зі шнеком: призначений для збору пилу та його вивантаження для подальшого брикетування.

На відміну від скруберів Вентурі, рукавний фільтр Ф-2000-01 забезпечує:

- Вищу ступінь очищення: вловлює навіть субмікронний пил оксидів заліза.
- Сухий шлам: пил збирається у сухому вигляді, що спрощує його повернення у виробництво (брикетування), оскільки не потрібно витрачати енергію на сушіння рідкого шламу.
- Уникнення утворення стічних вод.
- Отримання сухого пилу, який набагато легше брикетувати і повертати в піч.

- Працювати при високих температурах (якщо рукави виготовлені з PTFE або поліаміду).

Основні характеристики та особливості:

1. Принцип дії: запилений газ проходить крізь тканину рукавів. Пил затримується на зовнішній поверхні, а чистий газ виходить через верхню частину.

2. Регенерація: коли шар пилу стає занадто товстим, спрацьовує система імпульсної продувки стисненим повітрям. Стиснене повітря «струшує» пил у бункер.

3. Ефективність: забезпечує залишкову запиленість газу менше 20 мг/м^3, що відповідає сучасним екологічним стандартам.

Після очищення газ витягується димососом у трубу висотою 50 м. Технічна характеристика димососу марки ВМ-180/1100 з такими технічними характеристиками: Н = 14465 Па. Електродвигун марки ДА302-16-44-6/8; потужність 600 квт; число оборотів n = 1480 об / хв; m=6800 кг.

2.4 Утилізація пилу

Уловлений пил використовують як сировину для процесів прямого відновлення заліза в мартенівській печі. Схема утилізації представлена на рис. 2.7.

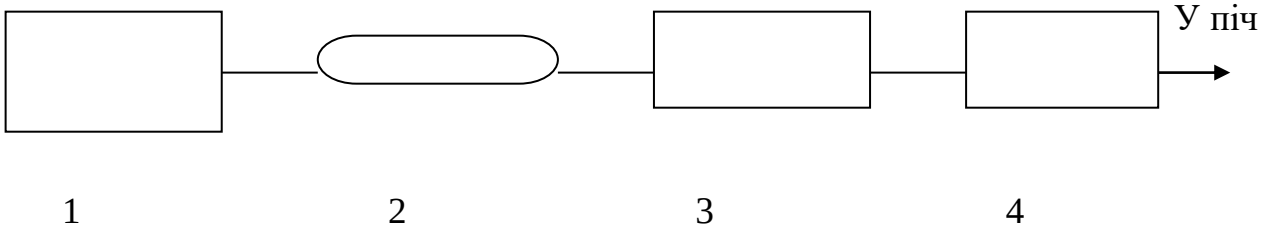


Рисунок 2.7 – Схема утилізації мартенівського пилу: 1 – система пилоприбирання; 2 – конвеєр; 3 – чашковий гранулятор; 4 – шихтовий двір

Вловлений пил в результаті очищення газу, що відходить від мартенівської печі, може використовуватися як сировина для виплавки сталі в мартенівському виробництві, оскільки містить достатню кількість оксидів заліза для заміни залізної руди, яка є компонентом шихти.

Пили, в яких залізо міститься переважно у вигляді оксидів, змішують у барабані з вугіллям тонкого помелу або коксовою дрібницею, що служить відновником. З суміші в чашковому окомкователе виготовляють сирі котуни, що самовідновлюються, до яких не пред'являють особливих вимог щодо їх міцності властивостей. Окатиші розігрівають за рахунок зовнішнього тепла до температури 1500°С, при якій досить швидко протікають реакції відновлення. Зовнішнє тепло одержують, спалюючи різне паливо: вугілля, природний газ, мазут. Питома витрата тепла становить 4-4,5 Гккал/т губчастого заліза. Цей продукт потім використовують при шихтуванні сировини мартенівських печей або інших агрегатів.

З системи пилоприбирання уловлений пил направляється за допомогою конвеєра в чашковий гранулятор. Там вона піддається грануляції із попереднім зволоженням спеціальним розчином. Оброблений укрупнений пил надходить на шихтовий двір і вже звідти в піч як сировину. Тарільчастий гранулятор, який представлено на рис. 2.8.

Пил, що утворився, так званий вельц-окис, є цінною сировиною для кольорової металургії, де її переробляють за відомою технологією. Її підігрівають у барабанах, що обертаються, до 750°С, піддаючи гарячому брикетуванню, а брикети завантажують у піч для відновної плавки.

2.5 Техніко-економічне обґрунтування рішень, які прийняті у роботі

Розрахунок ведемо за укрупненим методом [8]. Питомі капітальні вкладення:

$$C_к = \sum C_i \frac{1000}{3600 \cdot Q_c \cdot \tau},$$

де Q_c – витрата газу в умовах апарату, м^3/с;

τ – тривалість річної роботи апарату, год;

$\sum C_i$ – сумарні капітальні витрати, грн.

При очищенні газів у мокрих апаратах питомі енергетичні витрати розраховують за формулою:

$$C_e = C_e^c + C_e^{op} + C_{oc},$$

де C_e^c – питомі енергетичні витрати на подолання опору проходження 1000 м^3 газу, грн / 1000 м^3;

C_e^{op} – питомі витрати на подачу зрошуючої рідини, грн/1000 м^3;

C_{oc} – питомі експлуатаційні витрати на освітлення зрошує рідини, грн/1000 м^3.

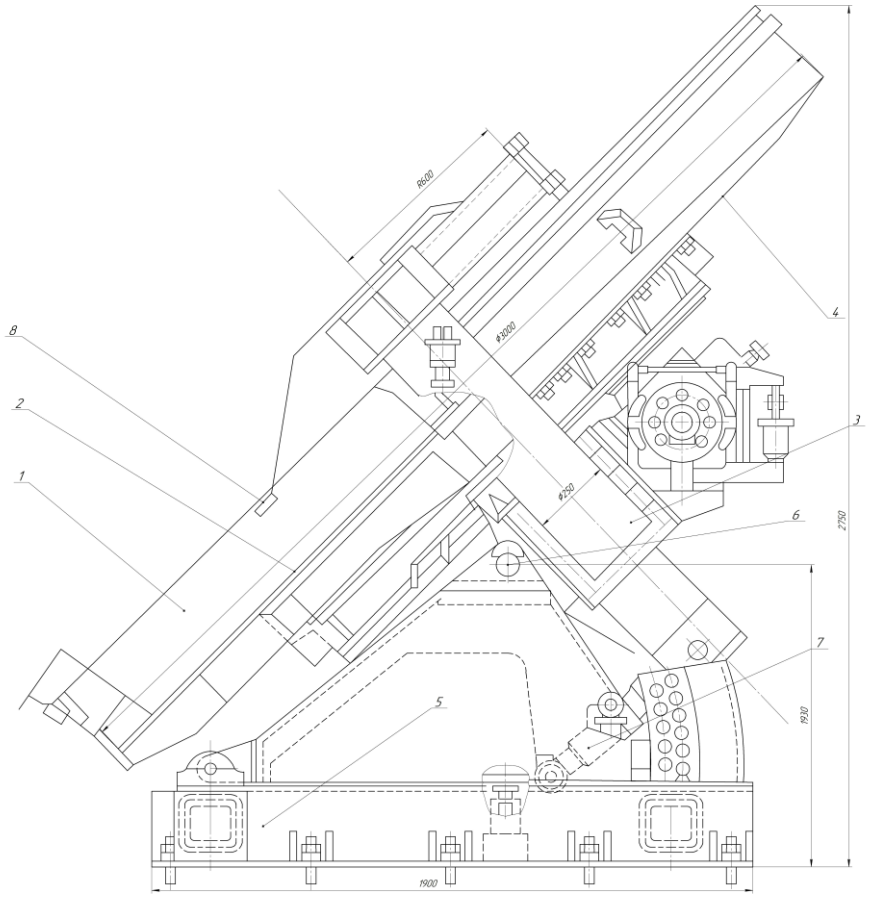


Рисунок 2.8 – Тарільчастий гранулятор

$$C_e^c = \tau \cdot r \cdot l \cdot N \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q_c \cdot \tau},$$

де r – вартість електроенергії.

l – коефіцієнт, що враховує зміст обслуговуючого персоналу, l = 1,1;

N – потужність електродвигуна до тягодуттьового апарату, кВт.

Питомі витрати на подачу зрошуючої рідини [9]:

$$C_e^{op} = \frac{r \cdot l_1 \cdot K_з \cdot \Delta P_p}{3{,}6 \cdot 10^6 \cdot \eta_н} \cdot m,$$

де l_1 – коефіцієнт, що враховує витрати на обслуговування насосного господарства. Приймаємо l_1 = 1,05;

$К_з$ – коефіцієнт запасу потужності, $К_з$ = 1,15;

$\Delta P_р$ – тиск зрошуючої рідини, Па;

m – питома витрата рідини, л/м^3;

$\eta_н$ – ККД насосу, приймаємо $\eta_н$ = 0,9.

Експлуатаційні витрати на освітлення зрошуючої рідини:

$$C_{ос}^1 = у \cdot \tau,$$

Питомі експлуатаційні витрати на освітлення рідини, що зрошує:

$$C_{ос} = C_{ос}^1 \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q_c \cdot \tau}$$

Сума енергетичних витрат:

$$C_e^1 = C_e \cdot \frac{3600 \cdot Q_c \cdot \tau}{1000},$$

Витрати на основні матеріали включають всі витрати, пов’язані з очищенням газу. Кількість води на підживлення становить 15,2% від загальної кількості води, що подається на зрошення труб Вентурі.

$$Q_{св.в.} = 0{,}152 \cdot Q_{в},$$

$$Q_{с.р} = Q_{св.р} \cdot r,$$

$$C_{св.р.} = C_{с.р.} \cdot \frac{1000}{3600 \cdot Q_{с} \cdot \tau}$$

Амортизаційні відрахування визначаються множенням вартості основних фондів відповідні норми амортизаційних відрахувань тільки на відновлення устаткування – для КВП 25%, для обладнання – 25%, для комунікацій – 15% [8].

$$N_{а3}=0{,}15 \cdot C_{мон}.$$

Тоді всього амортизаційних відрахувань:

$$N_{а} = \sum_{i=1}^{3} N_{i},$$

Витрати на технічний ремонт становлять 15% від норми амортизації.

$$C_{т.р.} = 0{,}15 \cdot N_{а},$$

Інші цехові витрати складаються з витрат на різноманітні послуги, допоміжні матеріали, заробітну плату адміністративно-управлінського персоналу, заробітну плату робітників, які здійснюють ремонт і налагодження газоочисного обладнання.

Інші витрати становлять 25-30% від суми основної зарплати основних робітників, амортизації, витрат на утримання та експлуатацію обладнання.

Економія від утилізації продуктів, що уловлюються в процесі очищення газу [9]:

$$E_y = Q_{ym} \cdot Ц,$$

де $Q_{ут}$ – кількість продукту, що утилізується, т;

Ц – вартість утилізації грн/т.

Наведені витрати на одиницю продукції становлять суму собівартості та нормованого прибутку, грн.:

$$З_{пр}=С+Е_н \cdot К,$$

де С – повна собівартість очищених газів, грн/м^3;

$Е_н$ – нормований коефіцієнт ефективності капітальних вкладень на рік, приймаємо $Е_н$=0,15 грн/грн;

К – питомі капітальні вкладення, грн/1000 м^3.

У загальному вигляді річний економічний ефект:

$$Е=(З_{пр}^{б}-З_{пр}^{п}) \cdot А_2,$$

де $А_2$ – річна виробнича потужність, тис.м^3/рік.

Термін окупності капітальних вкладень, років:

$$T_0 = \frac{K^n - K^б}{C^б - C^n},$$

Коефіцієнт ефективності:

$$E_{пр} = \frac{1}{T_0},$$

Річний економічний ефект від запровадження очищення у рукавних фільтрах ФРІР-2000 становив 4480,252 тис. грн, термін окупності додаткових капітальних вкладень складає 3,6 років.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища мартенівського цеху

Потенційно небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища мартенівського цеху наведено на рис. 3.1.

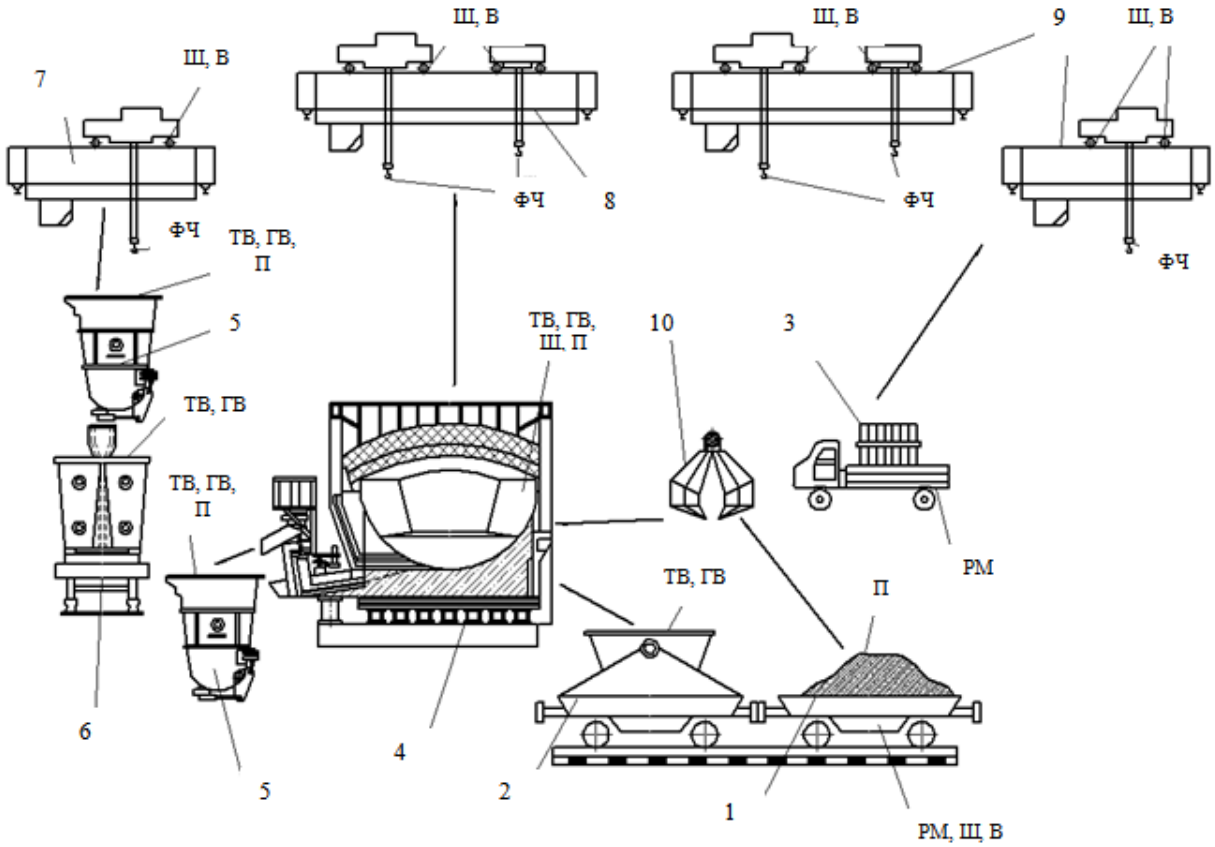


Рисунок 3.1 – Потенційно небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища мартенівського виробництва сталі: 1 - скрап; 2 – чавуновоз; 3 – автотранспорт; 4 – мартенівська піч; 5 – сталерозливний ківш; 6 – розливка сталі у виливниці; 7 – розливальний кран; 8 - заливальний кран; 9 – грейферний кран; 10 – грейфер; Т.В. – теплові виділення; Г.В. – газові виділення; Ш., В. – шум, вібрація; П – пиловиділення; Ф.Ч. – фізичні чинники; Р.М. – рухливі механізми

Під час виплавки сталі в мартенівських печах виникають шкідливі виробничі фактори, які впливають на умови праці робітників. До числа таких чинників належать теплові та світлові випромінювання, виділення пилу і газу у виробниче приміщення, а також шум і вібрація.

Джерелами теплових і світлових випромінювань є факел полум'я, нагріте до високої температури вогнетривке футерування внутрішнього простору печі та поверхня розплавленого металу і шлаку, вплив яких проявляється за відкритих вікон печі. Крім того, джерелами випромінювань є чавун, що заливається, рідкий шлак, розплавлений метал під час випуску і розливання сталі. Усі джерела мають температуру, що перевищує 500°С, тому спектр випромінювання містить світлові та інфрачервоні промені. Інтенсивність опромінення на робочих місцях від 0,01 до 10,5 кВт/м^2 [10].

У мартенівських цехах тепловому опроміненню здебільшого піддаються сталевари та помічники сталеварів. Інфрачервоні випромінювання впливають на функціональний стан людини, її центральну нервову систему, серцево-судинну систему. Відзначається різке почастішання серцебиття, підвищення максимального і зниження мінімального артеріального тиску, почастішання дихання, підвищення температури тіла і посилення потовиділення, захворюваність серцево-судинної системи та органів травлення.

Світлові випромінювання можуть спричинити цілу низку патологічних змін у стані очей: кон'юнктивіти, помутніння рогівки, депігментацію райдужки, спазм зіниць, помутніння кришталика, опік сітківки тощо.

При тривалому перебуванні людини в зоні інфрачервоного випромінювання, як і за систематичного впливу високої температури, відбувається порушення водно-сольового балансу, що спричиняє так звану судомну хворобу. Порушення теплового балансу спричиняє захворювання, яке називається тепловою гіпертермією або перегрівом [11].

Шкідливий вплив на організм людини теплових випромінювань в умовах мартенівського цеху значно вищий, ніж в інших цехах.

У мартенівському цеху утворюється і виділяється у виробниче

приміщення велика кількість пилу. Основним джерелом є мартенівська піч. У зоні пічного прольоту концентрація пилу досягає 143 мг/м^3. Джерелом його потрапляння в робочу зону є також негерметичність обладнання під час проведення операцій із завалювання шихти.

Проникаючи в організм при диханні, при заковтуванні та через пори шкіри, пил може спричинити різні професійні захворювання. Мартенівський пил належить до пилу неорганічного походження. До його складу входять залізо, марганець, бенз(а)пірен. Ці речовини, залежно від концентрації, можуть чинити токсичний вплив на організм працюючого.

Під час технологічного процесу також виділяються газоподібні шкідливі речовини. Основним джерелом забруднення повітряного середовища цеху газовими виділеннями є мартенівська піч. Під час вибивання язиків полум'я з-під заслінок вікон, відчинення вікон печі, а також під час випуску та розкислення сталі з робочого простору печі та з ковша виділяються гази. Іноді виділення газів виникає внаслідок порушення цілісності газових комунікацій [12].

У повітря робочої зони потрапляють такі газоподібні речовини: CO, SO_2, NO та ін. Оксид вуглецю (II) є продуктом неповного згоряння палива або утворюється в результаті фізико-хімічних реакцій у процесі плавки. CO надходить в організм людини через дихальні шляхи. Через утворення карбоксигемоглобіну різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може настати кисневе голодування. Головним чином, це впливає на функції центральної нервової системи. Сірчаний ангідрид має подразнювальну дію. У разі контакту з біологічними органами він спричиняє запальну реакцію, причому насамперед страждають органи дихання, шкіра і слизові оболонки очей.

Оксид азоту (II) потрапляє в організм через дихальні шляхи й утворює в крові метгемоглобін. У робітників може виникнути кашель, задуха, задишка. У важких випадках може розвинутися набряк легенів. Спостерігаються також головні болі, серцева слабкість [13].

Під час виконання деяких операцій мартенівського процесу виникає шум механічного, аеродинамічного та термічного походження (рух кранів, завалочних машин, рух газових потоків у печі та газоходах тощо), що потребує забезпечення захисту персоналу.

3.2 Заходи щодо запобігання небезпечним і шкідливим чинникам

Від розглянутих вище потенційно шкідливих факторів виробничого середовища, для поліпшення умов праці в мартенівському цеху вжито таких заходів захисту:

1. Для захисту від теплових випромінювань і створення необхідних умов праці застосовують: теплову ізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло; прискорене проведення операцій, пов’язаних із відкриванням вікон, заливанням чавуну, викачуванням шлаку, випуском і розливанням сталі; екранування робочих місць; природну й механічну вентиляцію; водорозпилювання на робочих місцях; спецодяг та інші засоби індивідуального захисту.

2. Для захисту від пиловиділень застосовується місцева вентиляція. Застосування засобів індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратора ШБ-2 «Лепесток», усуває вплив пилу на організм працюючих [10].

3. Для захисту від шуму застосовуються індивідуальні засоби захисту. На постах керування використовуються звукопоглинальні та звуковідбивні екрани.

4. Для захисту тіла працюючих застосовують костюми, виготовлені з теплозахисних матеріалів. За останні роки для виготовлення спецодягу розроблено багато нових матеріалів, що мають підвищену стійкість до агресивних середовищ. Створено нові захисні просочення, що збільшують термін носіння спецодягу за одночасного поліпшення захисних властивостей. Голову робітника захищають каскою або шоломом. Існують різноманітні види

спецвзуття відповідно до умов робочого середовища. Часто його роблять на нековзкій підошві, стійкій до впливу забруднень робочого середовища. Спеціальне взуття забезпечує захист працюючих від механічних травм, хімічних і теплових опіків, високих температур, пилу, вологи. Вони поділяються на: чоботи, черевики, туфлі, калоші.

5. Для захисту рук робітника застосовують - рукавиці. Обличчя працюючого захищають від бризок щитками зі світлопрозорих матеріалів.

Одним з основних заходів щодо запобігання можливому отруєнню оксидом вуглецю (II), сірчистим ангідридом, оксидом азоту (II) та іншими газами є своєчасне виявлення місць їхнього виділення і скупчення. У цеху застосовується витяжна вентиляція.

3.3 Пожежна безпека

Велике значення при здійсненні заходів пожежо- та вибухобезпеки має оцінка пожежної небезпеки виробництва. На підприємствах чорної металургії, що застосовують високотемпературні процеси (яким є мартенівський процес), є постійна небезпека виникнення пожежі, тому повинні застосовуватися заходи щодо запобігання пожежонебезпечним ситуаціям.

Пожежо- та вибухонебезпечність мартенівського виробництва, будівель і споруд, в яких розміщується цех, оцінюється з урахуванням пожежонебезпечних властивостей та кількостей речовин і матеріалів, що обертаються.

Природний газ, що застосовується в мартенівському виробництві, легко спалахує, що може спричинити його загоряння та вибухи. Вибухи відбуваються при змішуванні газу з повітрям за певних співвідношеннях. У всіх випадках є наслідком неправильних дій персоналу або несправності обладнання. Вибухи можуть відбуватися в мартенівській печі, трубопроводах, повітронагрівачах, пиловловлювачах, повітродувних машинах, а також опалюваних газом приміщеннях, де може накопичуватися газ.

Крім вибухів, можливі випадки раптового займання газу, що нерідко призводить до опіків. Запалення газу відбуваються при зупинці печі, при заміні фурм та шлакових приладів, при підготовці сталевий та шлаковий льоток до випуску.

Крім газових вибухів, у мартенівському цеху можливі вибухи, спричинені рідкими продуктами плавки (сталлю та шлаком). Ці вибухи відбуваються при взаємодії вологи з розплавленим металом та шлаком. Вони супроводжуються сильним звуком, розбризкуванням великої кількості бризків та іскор.

Таким чином, пожежна небезпека мартенівського виробництва характеризується наявністю горючих газів (природний, кисень), горючих рідин, а також присутністю пального пилу через негерметичність виробничого обладнання. Певну небезпеку становить наявність рідкого металу та шлаку.

Відповідно до будівельних норм і правил виробничі будівлі та склади з вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки поділяються на шість категорій: А, Б, В, Г, Д, Е.

Будівлю мартенівського цеху (пічний проліт) можна віднести до приміщення категорії Г. Приміщення цієї категорії характеризуються наявністю негорючих речовин і матеріалів у гарячому, розжареному або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується випромінюванням тепла, іскор та полум'я, і твердих, рідких та газоподібних речовин, які спалюються.

Умови розвитку пожежі в будівлях та спорудах багато в чому визначається ступенем їх вогнестійкості. Ступенем вогнестійкості називається здатність будівлі (споруди) в цілому чинити опір руйнуванню при пожежі. Будівлі та споруди за ступенем вогнестійкості поділяються на вісім ступенів (I, II, III, IIIа, IIIб, IV, IVа, V).

Будівля мартенівського цеху відноситься до III ступеня - будівлі, у яких основні несучі конструкції негорючі, а ненесучі - важкозгоральні (межа вогнестійкості 0,25 ... 2 год).

Межа вогнестійкості – це час у годиннику, після якого конструкція втрачає несучу здатність. Втрата несучої здатності означає обвалення конструкції.

Межі вогнестійкості окремих елементів будівлі мартенівського цеху:

- несучі стіни, стіни сходових клітин, колони – 2год;

- сходові майданчики, косоури, сходи, балки та марші у сходових клітках – 1год;

- зовнішні стіни з навісних панелей – 0,25 год;

- внутрішні несучі стіни-перегородки – 0,25 год;

- плити, настили та інші несучі конструкції міжповерхових перекриттів – 0,75год;

- двері, ворота, люки – 0,5 год.

Характеристика пожежо- чи вибухонебезпеки може бути загальною для приміщення, а може бути різною в окремих його частинах. Залежно від класу зони здійснюється вибір устаткування, що застосовується у виробництві, щоб у процесі його нормальної експлуатації виключалася можливість виникнення пожежі від теплового прояву електричного струму.

Пожежонебезпечною зоною називається простір усередині та навколо приміщення, в межах якого постійно або періодично звертаються горючі речовини. Ці зони поділяються на чотири класи: П-I, П-II, П-IIа, П-III. До пожежонебезпечної зони П-I можна віднести склад пально-мастильних матеріалів мартенівського цеху, тому що в ньому є горючі рідини з температурою займання понад 61^0С [10].

До вибухонебезпечних зон відносяться приміщення або обмежений простір у приміщенні, в яких є в наявності або можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші. Виходячи з характеристики вибухонебезпечності, ці зони розподіляються на шість класів: В-I, В-Iа, В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа. Клас зони мартенівського цеху (пічний проліт) В-Iа, оскільки утворюються вибухонебезпечні змічі горючих газів з повітрям внаслідок аварії, пошкодження чи несправності.

Електроустаткування у мартенівському цеху вибрано з урахуванням класу вибухонебезпечної зони. Так як клас зони В-Іа, то рівень вибухозахисту електричних машин – підвищеної надійності проти вибуху, електроприладів та апаратів – підвищеної надійності.

У мартенівському цеху є небезпека виникнення пожежі через наявність горючих газів, горючих рідин, рідкого металу та шлаку. Тому слід вживати заходів щодо попередження пожежонебезпечних ситуацій.

У роботі із запобігання пожежам головним напрямом є пожежна профілактика – система державних та громадських заходів, що проводяться з метою попередження пожеж, створення умов для евакуації людей з палаючих будівель та швидкого гасіння пожеж.

Пожежі, що відбуваються біля мартенівського цеху, можуть охопити великі площі, швидко поширюватися під впливом вітру, проникати всередину будинків. Тому дотримання необхідних вимог щодо змісту території мартенівського цеху є важливою складовою загальної системи протипожежного захисту всього підприємства та окремого цеху.

Шляхи, проїзди до будівель та споруд мартенівського цеху, під'їзди до джерел зовнішнього протипожежного водопостачання, доступ до первинних засобів пожежогасіння (пожежних щитів, ящиків з піском) мають бути завжди вільними, перебувати у справному стані.

Для полегшення та прискорення виявлення у нічний час пожежного обладнання, гідрантів, входів у будівлі, територію цеху необхідно добре висвітлювати.

На території мартенівського цеху, так і всього підприємства заборонено влаштовувати звалища з горючих відходів.

У разі ремонту на окремих ділянках доріг чи проїздів необхідно негайно інформувати пожежну охорону.

Для проїзду пожежних автомобілів на залізничних коліях обладнуються суцільні настили лише на рівні верхніх країв рейок. Стоянку залізничних вагонів на переїздах без локомотива заборонено.

При випуску металу та шлаку забороняється використання ковшів та виливниць з вологими матеріалами, оскільки в таких умовах обов'язково відбудеться викид або розбризкування металу (шлаку). Тому на місця: розливання не повинно бути жодних горючих матеріалів.

Усі електричні кабелі та пристрої газопроводів біля місць розливання металу та випуску шлаку повинні бути захищені від механічного пошкодження, впливу променистого тепла, а також від попадання бризків металу та шлаку.

У фундаментів мартенівських печей не можна складувати будь-які горючі матеріали, відходи виробництва. Дахи та навіси ливарних дворів повинні регулярно очищатися від пилу. Горючі гази, що знаходяться в трубопроводах, та обладнання створюють вибухопожежонебезпечні ділянки.

Для попередження вибухів у мартенівському цеху, пов'язаних з рідкими продуктами плавки, необхідно у всіх випадках уникати взаємодії розплавленого металу та шлаку з вологою, забезпечувати хороше просушування жолобів, сталевий та шлаковий льоток, ковшів, підтримувати сухими робочі місця, майданчики, обладнання та інструмент. Не можна кидати в жолоби з розплавленим металом скрап, заправні матеріали, сміття та інші холодні та вологі предмети.

Найбільш ймовірні місця загоряння газу в мартенівському цеху: нещільність у з'єднаннях, що пропускають газ; приміщення, що погано провітрюються, де знаходиться апаратура під тиском газу; газові тракти з пальним газом, при попаданні в які повітря (через зниження тиску або припинення подачі газу) утворюється вибухонебезпечна суміш. Небезпека вибуху газу зростає при зупинці печі, так як при цьому з печі припиняється вихід газу, а газ, що залишився в мережі, охолоджуючись і зменшуючись в обсязі, буде створювати розрідження, що викликає приплив повітря. Щоб уникнути вибуху при зупинці печі в газові тракти, слід подавати пару.

Гасіння пожежі на трактах подачі газу може здійснюватися такими

способами: відривом полум'я сильними струменями води, пари, стиснутого повітря; закладенням місця прориву газу густим розчином глини, літкової маси; забиванням пробок в отвір, що пропускає газ, і карбуванням отвору азбестом; накладенням пластиру з азбестового полотна з одночасним рясним змочуванням водою; зниження тиску газу до 50 мм вод. ст.; заповненням газопроводу пором. Після закінчення гасіння газового полум'я необхідно забезпечити припинення виходу газу в атмосферу, щоб уникнути отруєння її та створення вибухонебезпечної газо-повітряної суміші.

Засоби пожежогасіння призначені для ліквідації великих вогнищ пожеж, а також для гасіння пожеж у початковій стадії розвитку силами персоналу до прибуття штатних підрозділів пожежної охорони.

Пожежний інвентар разом із пожежним інструментом та вогнегасниками у мартенівському цеху розміщується на спеціальних пожежних щитах, які встановлені на території цеху.

Пожежні щити забезпечують затінення вогнегасників від прямих сонячних променів та доступність зняття пожежного інвентарю та інструменту. Ручний пожежний інструмент, який є на щитах, необхідно очищати від пилу, бруду, слідів корозії, а також відновлювати кути заточування та фарбування після кожного гасіння.

Ящики для піску, що встановлюються окремо, мають об'єм 0,5м^3, 1м^3 або 3м^3 та комплектовані совковими лопатками та ношами. Пісок необхідно періодично перелопачувати.

Пожежний інвентар пофарбований у червоно-білі кольори та має відповідні написи. Пожежний інструмент пофарбований у чорний колір.

Основні засоби гасіння пожеж [11]:

- охолодні (вода, водні розчини, снігоподібна вуглекислота та ін.);
- розбавляючі (вуглекислотний газ, водяна пара, інертні гази);
- ізолюючі (хімічна та повітряно-механічна піна, пісок, порошки);
- засоби хімічного гальмування горіння (брометил, хладон та ін).

У більшості випадків пожежу в мартенівському цеху гасять водою за

допомогою гідрантів та пожежних кранів.

Протипожежне водопостачання – це комплекс пристроїв для подачі води до місця пожежі. Напір має бути таким, щоб створювався струмінь води заввишки не менше 10 метрів: у водопроводах низького тиску – від рівня землі, а у водопроводах високого тиску – від рівня найвищої точки будівлі. Протипожежний водопровід знаходиться у пічному прольоті мартенівського цеху, а також у багатьох місцях розливного прольоту та міксерного відділення.

У мартенівському цеху переважно застосовуються автоматичні дренчерні установки водяного пожежогасіння. Дренчерне обладнання – сухопутна система; дренчерні голівки постійно відкриті. Це обладнання використовується в мартенівському цеху для гасіння пожеж у складських та побутових приміщеннях, а також для створення по периметру будівлі водяних завіс, що перешкоджають розповсюдженню пожеж. З метою скорочення інерційності спрацьовування дренчерні установки можуть бути заливними, в яких трубопроводи до рівня отвору найбільш низько розташованого зрошувача заповнений водою. У розподільній мережі дренчерні зрошувачі встановлюються головками вгору.

На ділянці пічного прольоту застосовується установка порошкового пожежогасіння, оскільки дані установки застосовуються для гасіння металів, карбіду кальцію, екзотермічних сумішей та інших речовин, гасіння яких неможливе звичайними вогнегасними засобами.

У мартенівському цеху застосовуються порошкові склади марок ПС та ПСБ. Вони являють собою дрібний кристалічний порошок, що складається з кальцинованої соди або бікарбонату натрію [це основні компоненти - до 98% (за масою)], графіту, заліза стеаратів і алюмінію, стеаринової кислоти. Основним компонентом порошків марки ПС є кальцинована сода, а порошків ПСБ – бікарбонат натрію.

Вогнегасний ефект порошкових складів пояснюється такими властивостями [12]:

1) порошкову хмару та продукти термічного розпаду порошку частково розбавляють концентрацію кисню в зоні горіння;

2) порошок, маючи дрібнодисперсну структуру, активно охолоджує полум'я, забираючи від нього значну частину тепла на нагрівання та розкладання порошку;

3) порошок надає інгібуючу дію на полум'я (ефект хімічного гальмування реакції горіння);

4) порошок, покриваючи палаючу поверхню, частково ізолює її від повітря, а його шар завдяки пористій структурі має ще й вогнеперегороджувальну дію (за типом сітчастих вогнеперегороджувачів).

Покриваючи поверхню металу, що горів, порошок перешкоджає його повторному самозайманню. Автоматична установка порошкового гасіння з механічним (тросовим) включенням представлена на рис. 3.2.

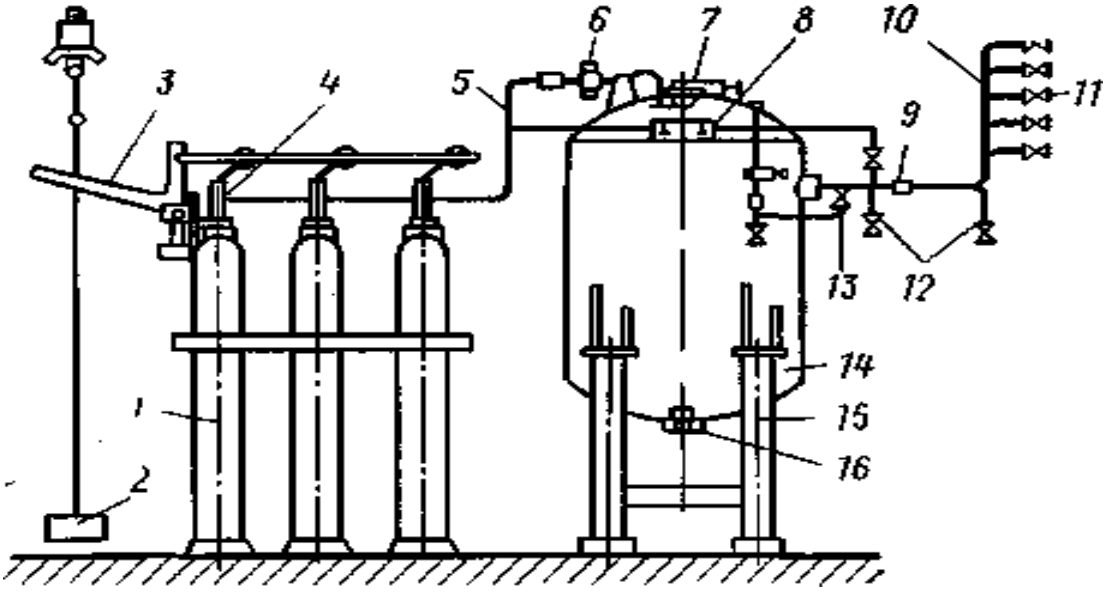


Рисунок 3.2 – Установка порошкового гасіння з механічним (тросовим) включенням: 1 – балони зі стисненим газом; 2 – вантаж тросової системи включення; 3 – важіль; 4 – головка-затвор; 5 – трубопровід стисненого газу; 6 – редуктор; 7 – бункер; 8, 12, 13 – вентилі; 9 – кран включення подачі порошку; 10 – трубопровід для подачі порошку; 11 – зрошувачі; 14 – посудина з порошком; 15 – стійка; 16 – люк

Принцип включення цих установок заснований на енергії падаючого вантажу, що звільняється при спрацьовуванні легкоплавких елементів тросової системи. Тросову систему з легкоплавкими замками встановлюють в приміщенні, що захищається. Один конец троса удерживает рычаг, к которому подвешен груз 2. При возникновении пожара расплавляется замок тросовой системы, освобождается груз 2 и при повороте рычага 3 открываются головки-затворы 4, которые включают подачу сжатого газа через трубопровод 5 и редуктор 6 в сосуд 14. При достижении в сосуде 14 заданного давления кран 9 автоматично включає подачу порошку трубопровід 10 і через зрошувачі 11 порошок надходить у зону горіння.

Установки порошкового пожежогасіння необхідно застосовувати для гасіння металів, карбіду кальцію, екзотермічних сумішей та інших речовин, гасіння яких неможливе звичайними вогнегасними засобами. В даний час автоматичні установки порошкового пожежогасіння промисловістю випускаються у вигляді модульних установок.

Модульні установки проектуються на базі автоматичних порошкових вогнегасників (ОПА) та поділяються на установки із загальним джерелом робочого газу та автономним, що встановлюється на кожному модулі. При цьому установки з автономним джерелом робочого газу можуть бути з одночасним запуском всіх модулів, що входять до її складу, і з вибірковим (поодиноким) запуском модулів залежно від місця виникнення пожежі. Модульні установки, крім автоматичного включення, мають ручне включення. Установки, що захищають приміщення, де знаходяться люди, мають пристрої для відключення автоматичного пуску в момент перебування в приміщенні людей. Температурний діапазон застосування установок становить: при використанні в якості робочого газу двоокису вугілля роду – від 248 до 323 К, при використанні стисненого повітря або аз – від 223 до 323 К.

Залежно від типу і призначення застосовуваного вогнегасного порошку установки можуть проектуватися для гасіння пожеж класів А, В, С, D, а також електроустановок з відкритими струмоведущими частинами під напругою

тільки до 1000 В. Централізоване джерело робочого газу, установка пожежної сигналізації вогнестійкості щонайменше 0,75 год.

Для пожежогасіння в мартенівському цеху використовують пересувні та стаціонарні порошкові вогнегасники ОП-100 та ОП-250, при цьому приміщення цеху обладнані автоматичною пожежною сигналізацією. З урахуванням невеликої швидкості горіння металів та екзотермічних сумішей гасіння порошковими вогнегасниками дає позитивний ефект.

Установки пожежної сигналізації формують імпульс на керування автоматичними установками пожежогасіння, димовидалення та оповіщення про пожежу при спрацьовуванні не менше двох автоматичних пожежних сповіщувачів, що встановлюються в одному контрольованому приміщенні.

Димові та теплові пожежні сповіщувачі встановлені на стелі мартенівського цеху. У місцях, де неможливе встановлення на стелі, сповіщувачі встановлені на стінах, балках, колонах. Димові та теплові сповіщувачі встановлені в кожному відсіку стелі, обмеженому будівельними конструкціями (балками, прогонами), що виступають від стелі на 0,4м і більше.

Усередині будівлі сповіщувачі встановлені на шляхах евакуації в окремих приміщеннях. Відстань між ними не більше 50м. Сповіщувачі встановлені по одному на всіх сходових майданчиках кожного поверху.

Поза будівлею мартенівського цеху сповіщувачі встановлені на відстані не більше 150 м один від одного.

3.4 Розрахунок гасіння пожеж

Визначити ємність бака з водою і необхідний напір води для гасіння складу, де зберігаються тверді вогнетривкі матеріали. Вихідні дані для розрахунку: площа приміщення $S = 25\ м^2$, висота приміщення $h = 3\ м$, діаметр отвору зрошувача $d = 15\ мм$, вільний напір перед зрошувачами $H = 15\ м$ [14]

Інтенсивність зрошення водою $q = 0,45$ *л/(с·м²)*; час роботи установки $t = 60$ *хв.*

Гасіння здійснюється дренчерними зрошувачами. Для таких зрошувачів вільний тиск перед ними становить $H_{min}= 5м;\ H_{max}= 100м.$ Максимальна відстань між зрошувачами $L_{max}= 2м$.

Дренчер – відкрита зрошувальна головка, що встановлюється на трубопроводах водного та пінного автоматичного пожежогасіння. Подача води може здійснюватися за сигналом від датчиків (включається насос) або вручну (але також за сигналом датчиків).

Визначаємо об'єм бака $Q_б$:

$$Q_б = S \cdot q \cdot t = 25 \cdot 0,45 \cdot 3600 = 40500 \text{ л/год або } 40,5 \text{ м}^3\text{/год.}$$

Запас води до 1000 м^3 слід зберігати у одному резервуарі, не допускається витрата запасу інші потреби.

Визначаємо витрату води Q_d через один зрошувач:

$$Q_d = k \cdot \sqrt{H}, л/с,$$

де k – коефіцієнт продуктивності зрошувача, що приймається за таблицею 3.1:

Таблиця 3.1 – Коефіцієнт продуктивності зрошувача

Діаметр вихідного отвору зрошувача, мм.	Значення коефіцієнта k.
8	0,20
10	0,31
12	0,42
15	0,71
20	1,25

Для діаметра вихідного отвору зрошувача *d = 15*мм коефіцієнт *k = 0,71*, тоді витрата через один зрошувач:

$$Q_d = 0{,}71 \cdot \sqrt{15} = 2{,}75 л/с,$$

Годинна витрата води через один зрошувач складе:

$$Q_{d\,ч.} = 2{,}75 \cdot 3600 = 9900\ л/ч\ або\ 9{,}9\ м^3/год.$$

Визначаємо кількість зрошувачів *n*:

$$n = \frac{Q_б}{Q_{d.ч.}} = \frac{40{,}5}{9{,}9} = 4{,}1 \approx 4 шт.$$

Приймемо зрошувачів 6шт для рівномірного розподілу їх за площею складу. План розподілу зрошувачів площею складу представлений рисунку 3.

Втрати напору H_1, м, на ділянці трубопроводів, що транспортують воду:

$$H = Q^2 / B,$$

де *Q* – витрата води на розрахунковій ділянці трубопроводу, л/с;

B – характеристика трубопроводу, що визначається за формулою:

$$B = k_1 / l,$$

де k_1 – коефіцієнт, що приймається за таблицею Б7;

l – довжина ділянки трубопроводу, м.

$$Q = Q_б / 3600 = 40500 / 3600 = 11{,}25\ л/с.$$

Для транспортування води приймаємо сталеву електрозварювальну трубу з діаметром умовного проходу 125мм та товщиною стінки 3,2 мм, для такої труби коефіцієнт $k_1 = 13530$.

Приймаємо довжину трубопроводу l = 50 м [14].

$$B = 13530 / 50 = 271; \quad H_1 = (11{,}25)^2 / 271 = 0{,}47 \text{ м.}$$

Необхідний тиск води на установці пожежогасіння H', м, дорівнюватиме:

$$H' = H + H_1 + H_2,$$

де H_2 – втрати напору на вузлах управління (клапанах), м:

$$H_2 = \zeta \cdot Q^2,$$

де ζ – коефіцієнт втрат напору у вузлі управління, що приймається за таблицею Б8;

Q – розрахункова витрата води, л/с.

План розташування зрошувачів за площею складу мартенівського цеху наведено на рис. 3.3.

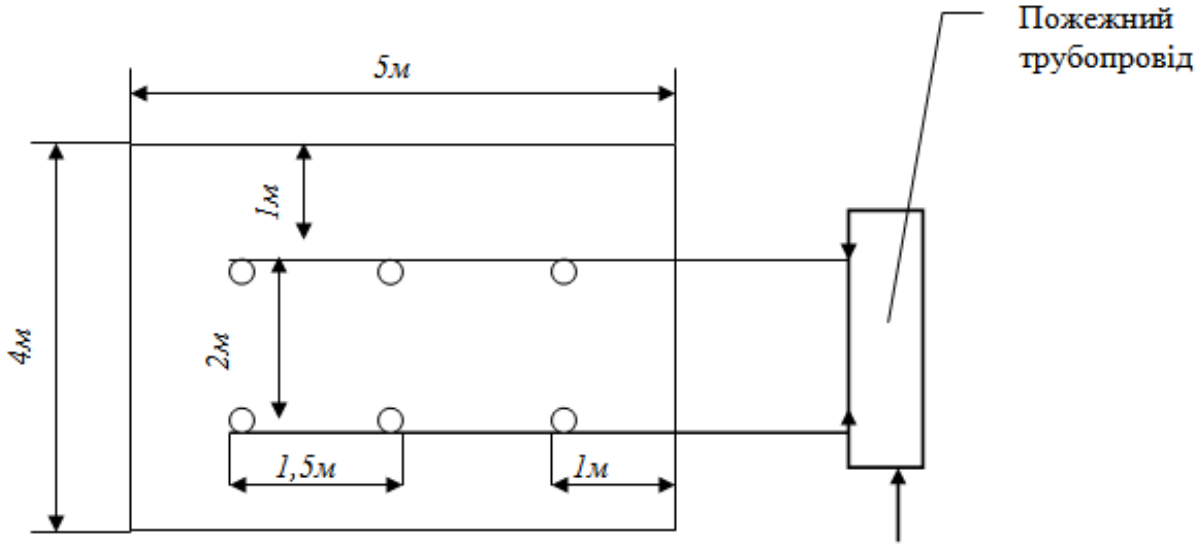


Рисунок 3.3 – План розташування зрошувачів за площею складу мартенівського цеху

Для дренчерної установки з діаметром клапана керування 125мм, сплінклерним зрошувачем, $\zeta = 4 \cdot 10^{-3}$.

$$H_2 = 4 \cdot 10^{-3} \cdot (11{,}25)^2 = 0{,}51 \text{ м};$$

$$H' = 15 + 0{,}47 + 0{,}51 = 15{,}98 \text{ м}.$$

Приймаємо повний тиск води для пожежогасіння 16 м або 1,6 ат.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі розглянута технологія мартенівського способу отримання сталі. Дана характеристика пилогазових викидів, їх кількість і склад; розглянуті існуючі способи очищення газів мартенівського виробництва.

2. У кваліфікаційній роботі пропонується сухе очищення від пилу газів, що відходять від мартенівської печі, сухим способом з використанням рукавного фільтру типа ФРІР з імпульсною регенерацією рукавів. Описані теоретичні основи очищення газів в рукавних фільтрах обраного типу та проведено розрахунки і вибір газоочисного обладнання.

3. Після мартенівської печі запропоновано поставити котел-утилізатор марки ОКГ-400, де газ охолоджується до температури 250°С. Після котла-утилізатора газ надходить у два випарні скрубери марки АКРП з такими технічними характеристиками: витрата газу 130 м^3/с; діаметр скрубера 5,5 м; висота скрубера 27,8 м; маса скрубера 55,8 т. Газ, охолоджений до температури 100°С, надходить на очищення у рукавний фільтр марки ФРІР-2000 з такими характеристиками: продуктивність по газу, що очищається 180…240 тис. м^3/год; питоме газове навантаження 1,5…2,0 м^3/м^2·хв; площа поверхні фільтрування 2000 м^2; допустима температура газу, що очищається 135 °С; запиленість газу на виході з фільтра 20 мг/м^3; гідравлічний опір фільтра 2 кПа; тиск стисненого повітря 0,6 МПа; витрата стисненого повітря 240 м^3/год; кількість рукавів фільтрувальних 960 шт. Після очищення газ витягується димотягом у трубу висотою 50 м. Технічна характеристика димотягу марки ВМ-180/1100: Н = 14465 Па. Електродвигун марки ДА302-16-44-6/8; потужність 600 кВт; число оборотів n = 1480 об / хв; m=6800 кг.

4. Початкова запиленість газу 5 г/м^3, кінцева запиленість 0,02 г/м^3. Ступінь очищення газів від пилу становить 99,6%. Вловлений пил повертається у виробництво. Загальний опір газовідвідного тракту за результатами розрахунків – 6172 Па.

4. У третьому розділі досліджена безпека мартенівського процесу і устаткування, розглянуті потенційно небезпечні та шкідливі чинники виробничого середовища цеху і дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара мартенівської печі. Виконані технічні рішення по виробничій санітарії, розглянуті заходи щодо техніки безпеки і заходи пожежної безпеки.

5 Річний економічний ефект від запровадження очищення у рукавних фільтрах ФРІР-2000 становив 4480,252 тис. грн, термін окупності додаткових капітальних вкладень 3,6 років.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Сучасні проблеми металургії. Наукові праці. Том 6. Прогресивні енерго- і ресурсозберігаючі технології та обладнання в електротермії феросплавів. Дніпропетровськ : Системні технології, 2003. 376 с.

2. Гаврилко С.О. Теорія і технологія сталеплавильного виробництва. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 «Металургія чорних металів». Запоріжжя : ЗДІА, 2005. 120 с.

3. Гаврилко С.О. Основи проєктування металургійних цехів. Конспект лекцій для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401 «Металургія чорних металів». Запоріжжя : ЗДІА, 2006. 92 с.

4. Кушакова Н. О. Металургійний комплекс України: загальна характеристика та сучасний стан розвитку. *Науковий вісник Ужгородського національного університету*. 2019. №23. С. 162–165.

5. Самойленко Н. М., Аверченко В. І., Байрачний В. Б. Системи технологій та промислова екологія : навчальний посібник. Харків : Лідер, 2020. 212 с.

6. Павлюк Ю.С., Малишева І.В. Методичні вказівки до розрахунково графічної роботи з дисципліни «Повітродувні та насосні станції» для студентів спеціальності 7.090401 спеціалізації «Екологія та охорона навколишнього середовища». Запоріжжя, ЗДІА, 2006. 28 с.

7. Павлюк Ю.С. Методичні вказівки до розрахунку газового тракту газоочисної системи в курсових проєктах спецдисцеплін і дипломному проєктуванні для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 21с.

8. Беренда Н.В., Малишева І.В. Організація виробництва. Методичні вказівки до виконання організаційної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА професійного напрямку «Металургія» денної та заочної форми навчання. Запоріжжя, 2006. 38с.

9. Іващенко О.В. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401. Запоріжжя, 2004. 32 с.

10. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і устаткування. Запоріжжя, ЗДІА, 2008. 164с.

11. Геврик Є.О. Охорона праці: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

12. Ткачук К.Н. Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф. Виробнича санітарія. Рівне : НУВГП, 2012. 443 с.

13. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2006. 448 с.

14. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. Львів, Афіша, 2000 352с.