

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

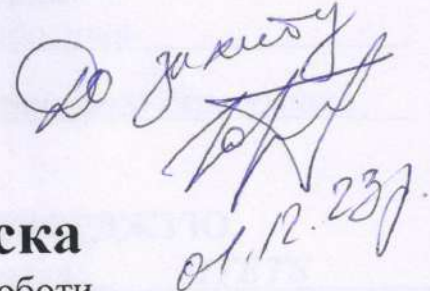
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)


01.12.23

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної магістерської роботи

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

(другий (магістерський) рівень)

на тему «Розробка системи сухої очистки відхідних газів виробництва феросиліцію в закритих руднотермічних печах»

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1832-з

Мелентьєв М.А.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

183 «Технології захисту навколишнього середовища»

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Кожемякін Г.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя - 2023 року

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. Белоконь

« 01 » 12 2023 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Мелентьєв Михайло Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Розробка системи сухої очистки відхідних газів виробництва феросиліцію в закритих руднотермічних печах

керівник роботи (проекту) Кожемякін Геннадій Борисович, к.т.н, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «09» 10 2023 року № 1580-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 01.12.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекта) об'ємна витрата газу за н. у., $W_0 = 460000 \text{ м}^3/\text{год}$; температура газу перед рукавним фільтром, $t_r = 80^\circ \text{C}$; барометричний тиск, $P_{\text{бар}} = 101,3 \text{ кПа}$; розрідження перед фільтром, $P_r = 1,3 \text{ кПа}$; концентрація пилу в газі перед фільтром, $z_1 = 1,2 \text{ г/м}^3$; медіанний діаметр частинок пилу, $d_m = 1,2 \text{ мкм}$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) реферат, вступ, технологічний процес виробництва феросиліцію в закритих руднотермічних печах, екологія феросплавного виробництва, охорона праці та техногенна безпека, економічна ефективність системи сухої очистки відхідних газів виробництва феросиліцію, висновки, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал, 9 креслень: титульний лист, план плавильного цеху, конструкція закритої руднотермічної печі, розріз системи газоочищення, рукавний фільтр типу ФРІР-5700, схема утилізації пилу, гранулятор, витяжний аераційний ліхтар, економічні розрахунки

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Розділ 1	Кожемякін Г.Б., доцент	
Розділ 2	Кожемякін Г.Б., доцент	
Розділ 3	Кожемякін Г.Б., доцент	
Розділ 4	Кожемякін Г.Б., доцент	
Нормоконтроль	Белоконь Ю.О., завідувач кафедри	

7. Дата видачі завдання 07.05.2023

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Приміт
1	Вступ	до 30.11.2023	
2	Реферат	до 30.11.2023	
3	Розділ 1	до 30.06.2023	
4	Розділ 2	до 19.11.2023	
4	Розділ 3	до 26.11.2023	
5	Розділ 4	до 30.11.2023	
6	Висновки	до 30.11.2023	

Студент

(підпис)

Мелентьев М.А.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Кожемякін Г.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 82 стор., 15 табл., 7 рис., 15 джерел.

ФЕРРОСПЛАВНЕ ВИРОБНИЦТВО, ГАЗ, ДИСПЕРСНИЙ СКЛАД, ПИЛ, СКРУБЕР ВЕНТУРИ, ТКАНІННИЙ ФІЛЬТР, ФЕРРОСИЛЦІЙ, ОЧИЩЕННЯ, ВИТРАТА, ЕКОНОМІКА, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ОРГАНІЗАЦІЯ.

Об'єкт дослідження – ділянка газоочищення феросплавного цеху.

Предмет дослідження – система сухого очищення відхідних газів від закритих руднотермічних печей.

Мета роботи – розробка системи очищення газів в умовах феросплавного цеху.

У кваліфікаційній роботі розглянуто короткий опис процесів та апаратів, де утворюються викиди, їх конструкції та режим роботи, основні характеристики газів, що обробляються. Також наводиться опис методів очищення газів феросплавного виробництва, із зазначенням їх схем, технологічних параметрів експлуатації, аналізом переваг та недоліків, а також описом схеми, що проєктується.

У кваліфікаційній роботі наводиться розрахунок всіх апаратів схеми очищення відхідних газів; аеродинамічний розрахунок газового тракту, підбір тягодуттьового обладнання.

Розглянуті потенційно небезпечні і шкідливі чинники виробничого середовища феросплавного цеху, виконані технічні рішення по виробничій санітарії, розглянуті заходи щодо електробезпеки, пожежної та техногенної безпеки. Виконано розрахунки штучного освітлення та аерації феросплавного цеху.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІЦІЮ В ЗАКРИТИХ РУДНОТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ	7
1.1 Виплавка ферросиліцію у закритій руднотермічній печі	7
1.2 Характеристика відхідних газів	20
2 ЕКОЛОГІЯ ФЕРОСПЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА	23
2.1 Існуючі схеми очищення газу	23
2.2 Вибір і обґрунтування способу очищення газів	28
2.3 Аеродинамічний розрахунок газового тракту	36
2.4 Розрахунок газоочисного апарату	41
2.5 Вибір димоцягу	50
2.6 Утилізація пилу	51
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА	56
3.1 Характеристика ступеня безпеки ферросплавного процесу, рівня його механізації та автоматизації	56
3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів ферросплавного процесу	57
3.3 Технічне рішення з виробничої санітарії	60
3.4 Заходи з техніки безпеки	63
3.5 Пожежна безпека	66
3.6 Інженерна розробка захист від шкідливих факторів виробничого середовища	68
4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ СУХОЇ ОЧИСТКИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІЦІЮ	72
ВИСНОВКИ	81
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	82

ВСТУП

Електрометалургійне виробництво феросиліцію є одним із найбільш великотоннажних та електроенергоємних з усіх видів феросплавів. Водночас виплавка феросиліцію у країнах (основних її виробниках) постійно збільшується. Слід особливо відзначити, що в Україні виробництво феросиліцію має експортно-орієнтований характер, що обумовлює необхідність постійного вдосконалення технології виплавки з метою підвищення його конкурентоспроможності на міжнародних ринках феросплавів.

АТ «Запорізький завод феросплавів» - один із найбільших у Європі виробників феросплавів, що виплавляє широкий сортамент марганцевих та крем'янистих феросплавів, металевий марганець.

Завдяки очищенню викидів перед надходженням в атмосферу запобігається забруднення атмосферного повітря. Очищення газу дозволяє повернути у виробництво або використовувати для інших цілей речовини, що містяться у викидах. Це повністю або частково окупає витрати на очищення.

Усі електропечі, залежно від призначення, обладнані мокрою чи сухою системами газоочищення. Діють замкнуті оборотні цикли постачання технічною водою. Вимоги до якості повітря постійно зростають. У зв'язку з цим необхідно цілеспрямовано впроваджувати нові методи та досконаліше обладнання для очищення газів від пилу.

Виробництво феросиліцію супроводжується утворенням газів, що містять тонкодисперсний пил, що важко вловлюється, який складається в основному з частинок менше 2 мкм.

Мета кваліфікаційної роботи – зниження концентрації пилу в газах, що викидаються у навколишнє середовище, утилізація уловленого продукту, забезпечення нормальних умов праці на робочих місцях.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІЦІЮ В ЗАКРИТИХ РУДНОТЕРМІЧНИХ ПЕЧАХ

1.1 Виплавка ферросиліцію у закритій руднотермічній печі

Плавильний цех феросплавного заводу спеціалізується на виплавці силікомарганцю та феросиліцію, який застосовується в основному для розкислення сталі та сплавів.

Загалом у цеху встановлено вісім печей, сім – закритих та одна відкритого типу. Газоочищення змонтоване за печами 1-6 передбачає відбір неорганізованих викидів від зонтів встановлених над печами.

Для отримання широкого асортименту феросплавів використовують різноманітну технологію та різноманітне обладнання. Всі процеси виплавки феросплавів високотемпературні та супроводжуються виділенням газів, що містять шкідливі домішки та високодисперсний пил.

За методом отримання обладнання та характеристиками викидів всі феросплави доцільно розділити на три основні групи.

1. Феросплави, що виплавляються в руднотермічних печах, так звані «масові» феросплави (феросиліцій, феромарганець, ферохром та ін.). Їхня відмінна особливість великомасштабність виробництва, безперервність процесу виплавки сплаву; відновником є вуглець.

2. Феросплави, що виплавляються в рафінувальних відкритих електропечах, маловуглецеві та безвуглецеві марки феромарганцю, ферохрому та ін. Відмінна риса – періодичність процесу виплавки сплаву; як відновник використовують сплави на основі кремнію.

3. Феросплави, які одержують алюмотермічним або силікотермічним способом, це ферохром, ферротитан та ін. Відмінна особливість – сплав отримують поза електропечі; як відновник використовують зазвичай алюміній або кремній.

Феросплави першої групи домінують за загальною масою виробництва і відповідно за кількістю та потужністю експлуатованих печей, а також за кількістю газів, що утворюються. Тому розглянемо викиди цієї групи феросплавів і методи їх очищення, не зупиняючись та інших видах феросплавів (методи очищення відхідних газів переважно аналогічні).

Феросплави першої групи виплавляють у відкритих і закритих руднотермічних печах потужністю 105-225 МВ·А [2].

Пилогазові викиди при виробництві феросплавів утворюються на колошнику відкритих печей або в завантажувальних пристроях закритих печей, на лютку печі та при випуску рідкого сплаву та шлаку, при розливі сплаву у виливниці, на розливальній машині, при сушінні та підігріві ковшів, на ділянці їх очищення, також у процесі розм'якшення та коксування електродної маси, що використовується як самовипалювальні електроди. Проте більшість викидів утворюється від власне плавильного агрегату, а викиди запилених газів з інших джерел невеликі і мають періодичний, короткочасний характер. Якщо не передбачено спеціальних пристроїв, викиди від допоміжних джерел змішуються з цеховим повітрям і видаляються з цеху через ліхтарі.

Процес відновлення компонентів шихти (SiO_2 , MnO_2 , Cr_2O_3) вуглецем, що безперервно протікає у ванні печі глибоко під рівнем колошника, супроводжується виділенням великої кількості газу, що складається в основному з оксиду вуглецю (II). Цей газ, пройшовши через шар шихти, виходить на поверхню колошника запиленним за рахунок відгонів та в результаті механічного винесення частинок шихти.

У відкритих печах газ, що виходить на поверхню колошника, змішується з повітрям, при цьому горюча частина (CO , H_2 , CH_4) згоряє, а продукти згоряння та негорюча частина газу, сильно розведені повітрям, виводяться з приміщення цеху через зонт та витяжну шахту печі [1].

У закритих печах, у яких під склепінням підтримується надлишковий тиск 5-10 Па, таким шляхом видаляється тільки 10-30% технологічного газу,

який просочується через різні нещільності у склепіння печі та завантажувальні пристрої (поки що відсутні герметичні пристрої для подачі шихти під склепіння печі). Основна частина технологічного газу відсмоктується через спеціальні газовідведення з-під склепіння і подається на газоочищення. Відведення газу здійснюють через 2-3 і навіть більше газовідсмоктувачів, кожен з яких відводить газ на окрему газоочисну установку.

Виплавка феросиліцію ведеться у закритій трифазній електропечі безперервним процесом та періодичним випуском продування плавки.

Тип печі	РКЗ – 23
Потужність трансформатора, кВт	23
Діаметр кожуха	7620
Діаметр розпаду електродів, мм	3000
Діаметр електродів, мм	1200

Сирі матеріали, їх підготовка до плавки. Для виплавки феросиліцію застосовують такі шихтові матеріали: кварцит, коксовий горішок, кокс кам'яновугільного класу 25-40 мм, стружка сталевих вуглецевих сталей. Вміст компонентів на одну колошу представлено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 Склад калоші для виплавки феросиліцію

Марка сплаву	Склад колоші, кг		
	кварцит	горіх коксовий, 16% вологи	стружка
ФС 65	300	160	60
ФС 45	300	160	160

Кремнійвмісні матеріали. Кремній після кисню найпоширеніший елемент у природі і становить 15 % маси земної кори, яка містить 27,7% про кисневу сполуку кремнію – кремнезему (SiO_2). Відомо понад двісті

різновидів природного кремнезему: пісок, кварц, кварцит, гірський криштал, опал та багато інших. Для виплавки кремнію та його сплавів використовують найдешевші і водночас багаті кремнеземом матеріали: кварцит, кварц і кварцовий піщаник. Головним мінералом кварцитів і більшої частини пісковиків є кварц – широко поширений мінерал, що є більш менш чистим кремнезем SiO_2 . Кварцитами називають крем'янисті пісковики, в яких цементована речовина та цемент представлені мінералами кремнезему. Кварцити зазвичай характеризуються високою щільністю та значним опором стиску (100-140 МПа), мають світле забарвлення з різними відтінками сірого, жовтого, рожевого та інших тонів. Зі збільшенням вмісту SiO_2 у кварці (кварциті) збільшується вилучення кремнію та продуктивність печі та знижується питома витрата електроенергії. Для виплавки феросиліцію придатні в повному обсязі кварцити, оскільки різні типи їх, навіть однакового хімічного складу, відрізняються друг від друга поведінкою в плавці – у стадії як нагрівання, і відновлення за високих температур. Ці відмінності залежать від характеру та вмісту домішок, структури кристалічних фаз та інших факторів, зумовлених генезою кварцитів.

Дроблення кварциту і кварцу здійснюється на щоккових і конусних дробарках, гуркіт – на вібраційних гуркотах і в барабанах, що обертаються, в яких одночасно здійснюється і миття. Кварц, застосований під час виробництва кристалічного кремнію, дробиться до шматків розміром ~50 мм. При виробництві ФС45 у закритих печах завод використовує кварцит наступної крупності 25-70 мм. Вміст основної фракції коливається не більше 75-95%. При виплавці ФС20 і ФС25 прийнято розмір шматка 20-80 мм. При виплавці 75% і 90% феросиліцію зазвичай використовується більший кварцит. Останнім часом виконано дослідження умов виготовлення та застосування брикетів із кварциту та відновника.

При виплавці феросиліцію основним відновником є коксик – горішок. Коксик має різні властивості, тому його необхідно зберігати окремо і при введенні в шихту враховувати його фізико-хімічні властивості та вимоги

технологічного процесу. Коксик (напівкокс) піддають гуркіту для відсіву дрібниці та великої фракції, яку направляють для дроблення на валкові дробарки. Після дроблення коксик знову піддають розсіву на вібраційних гуркотах. Розміри шматків коксика слід підбирати залежно від його фізико-хімічних властивостей, потужності та робочої напруги печі.

При вмісті в коксичі великих шматків електрична провідність шихти різко зростає, що зменшує глибину посадки електродів і, отже, викликає великі втрати відновленого тепла кремнію і заходженню пода печі. Слід прагнути до того, щоб у шихті крупність кварциту і коксика була можливо одноріднішою, неприпустимі як великі, так і дрібні шматки і того, і іншого. Особливо важливе значення має ретельне перемішування компонентів шихти, що завантажується в піч [2].

Залізовмісні матеріали. Основним залізовмісним компонентом шихти при виплавці феросиліцію є стружка вуглецевих сталей. Застосування чавунної стружки допускається тільки при виробництві низьковідсоткового феросиліцію, призначеного для використання при плавленні чавуну. Бажано використання стружки та відходів крем'янистих сталей. Стружку необхідно дробити на стружкоподрібнювачі до 50 мм або відсівати від крученої стружки. Застосування залізної окалини замість стружки дещо покращує умови роботи колошника та вихід шлаку з печі, але збільшує питому витрату електроенергії та відновника у зв'язку з витратою їх на відновлення оксидів. Недоцільним є і застосування залізної руди, так як вона вносить велику кількість шлакоутворюючих і потребує додаткових значних витрат електроенергії та відновника на відновлення оксидів заліза та нагрівання шлаку. Застосування залізняку погіршує якість сплаву внаслідок відновлення домішок з неї, а пилюваті руди, крім того, різко знижують газопроникність колошника. У зв'язку з цим при дефіциті залізної стружки перспективніше використання як залізовмісних матеріалів відходів від вогневої зачистки сталі, металізованих котунів або залізистих кварцитів [2].

Технологія виплавлення феросиліцію. Розрахунок шихти для

виробництва феросиліцію ведуть з умови розподілу оксидів у процесі плавки. Припускають, що сірка і фосфор зі стружки переходять у метал, а сірка коксика випаровується..

Для покращення сходження шихти, зменшення коливань тиску газу та полегшення роботи з обслуговування електродів печі обладнані механізмами для розбивання кірки навколо електродів. З метою збільшення тривалості кампанії печі застосовується ванна, що обертається [3].

Плавку феросиліцію ведуть безперервним процесом і періодичним випуском продуктів печі (рис. 1.1).

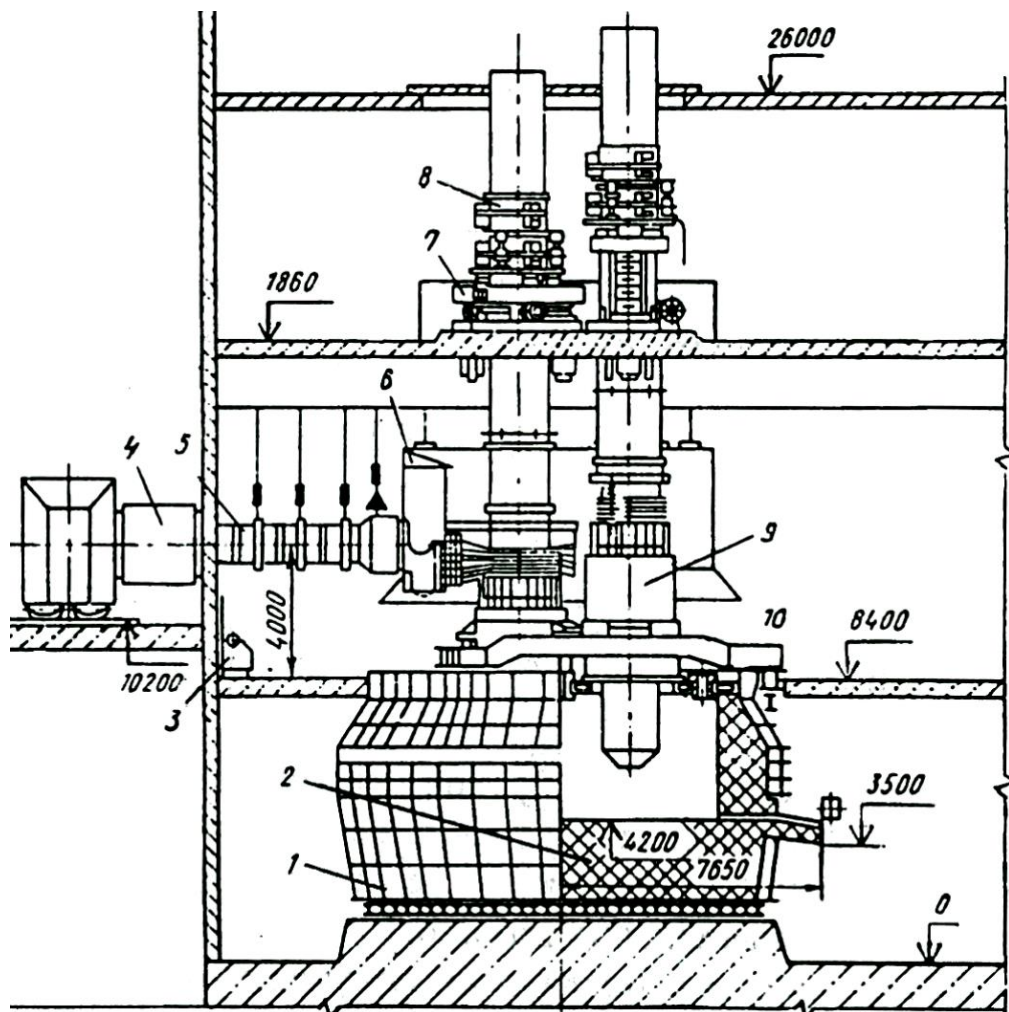


Рисунок 1.1 – Феросплавна електропечь типу РКЗ-23: 1 – кожух;
2 – футерування; 3 – водоохолодження; 4 – огороження короткої
мережі; 5 – коротка мережа; 6 – встановлення екранів; 7 – гідропідйомник;
8 – пристрій перепуску електродів; 9 – електродотримач; 10 – склепіння

При цьому основним завданням є забезпечення нормальної роботи колошника та льотки. Нормальний перебіг технологічного процесу характеризується такими показниками:

- рівномірним газовиділенням по всій поверхні колошника, відсутністю потемнілих ділянок, що спеклися, і місцевих сильних виділень газу – «свищів»;
- рівномірним сходом шихти у електродів та у трикутнику між ними;
- стійкою глибокою посадкою електродів у шихті. Відстань від торця електрода до подины печі має бути 500-800 мм;
- регулярним виходом при кожному випуску сплаву, рідкорухливого шлаку та вільним виходом газу;
- стійким навантаженням на електродах;
- рівномірною переробкою шихти, що завантажується при нормальній питомій витраті електроенергії.

Глибина занурення електродів у шихту визначається напругою між електродом і подиною печі, робочим струмом на електроді, електричним опором шихтових матеріалів та особливостями внутрішньої будови ванни печі та регулюється зміною або електричного опору печі, або (що більш бажано) робочої напруги, або (рідше) діаметра розпаду електродів. Для зміни електричного опору печі збільшують або зменшують електричну провідність шихтових матеріалів шляхом зміни складу суміші шихтової або розмірів шматків шихти. При збільшенні в шихтовій суміші кількості вуглецевого відновника або його крупності підвищується електрична провідність шихти, при зменшенні крупності коксика, заміні частини рядового коксика або напівкоксом з підвищеним електричним опором, вугіллям дерева або добавці деревних відходів знижується її електрична провідність шихти.

Процес плавки печі відбувається головним чином електродів в тиглях. У верхній частині тигля холодна шихта утворює своєрідне склепіння. Стінки і склепіння тигля безперервно оплавляються і заміщаються новими порціями

шихти, що надходить зверху. Таким чином, тигель не можна розглядати як застиглий посуд під електродом. Це швидше зона високих температур, що утворилася наприкінці електрода. При гарячому ході печі нижні частини тиглів з'єднуються, утворюючи загальний тигель. Нижня частина тигля є газовою порожниною. Відстань між торцем електрода та поверхнею розплаву («дном» тигля) становить 200-400 мм. Шихта, розташована біля стін печі, прогривається настільки слабо, що у цих місцях плавлення немає і шихтові матеріали спікаються в щільний моноліт (гарнісаж). Швидке проплавлення шихти біля електрода сприяє підтримці пухкого стовпа матеріалів навколо нього. Оскільки реакції відновлення також відбуваються, головним чином, навколо електрода, гази, що утворюються внизу біля дуг, нагріті до високої температури і, проходячи через шари шихти, що лежать вище, нагрівають їх. Проходження гарячого газу через холоднішу шихту викликає конденсацію парів кремнію. Якщо гази проходять по більшій площі навколо електрода, їхня швидкість мала і більша кількість парів конденсується на шихті. Звуження площі пухких матеріалів навколо електродів погіршує підігрів шихти та збільшує втрати від випаровування. Для рівномірного розподілу по колошнику газів, що виходять з печі, запобігання спіканню колошника та утворення «свищів» при виплавці феросиліція необхідно обертати ванну печі і проводити періодичну прошивку шихти при виплавці високовідсоткових сплавів. Завалку шихти необхідно проводити безперервно чи невеликими порціями в міру осідання шихти окремих ділянках. Насамперед шихту завалюють у найбільш гарячі ділянки колошника навколо електродів. Завантаження зайвої шихти неприпустиме, оскільки збільшення стовпа матеріалів викликає зміщення плавильної зони вгору та порушення теплового режиму в зоні реакції. Недостатня кількість шихти в печі призводить до збільшення втрат тепла з газами, що йдуть, і втрат кремнію в ульот. На рис. 1.2 представлена схема розподілу струму електрода у ванні феросплавної печі [4].

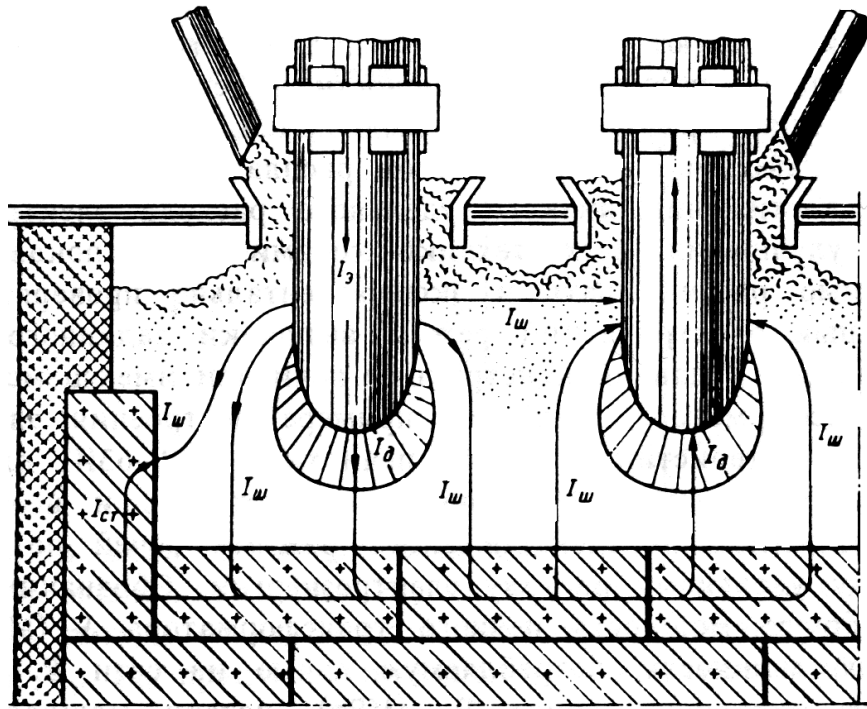


Рисунок 1.2 – Схема розподілу струму електрода у ванній феросплавній печі

Під час технологічного процесу можуть спостерігатися відхилення від нормального ходу печі.

Недолік відновлювача веде до нестійкої посадки електродів і коливань навантаження, за електродами тягнуться довгі кварцові нитки, тиглі звужуються, відбувається сильне спікання шихти, на колошнику спостерігаються часті «свищі», лютка сильно «газиться», вихід шлаку припиняється, робочі кінці електродів сильно витончуються і швидко вкорочуються.

У разі тривалої роботи печі з нестачею відновника спостерігається розлад роботи лютки – лютка закривається важко або взагалі не закривається, спостерігається просочування металу в будь-якому місці арок і навіть прорив футерування печі сплавом. Це викликано розм'якшенням гарнісажу передньої стінки внаслідок руйнування карбідів кислим шлаком. Для виправлення ходу печі слід додати відновник у шихту,

давати коксик у вигляді добавок, посилити обслуговування колошника. Якщо ці заходи не дають позитивного результату, слід кілька проплавити тигель електрода над льоткою і при вимкненій печі додати в тигель 150-500 кг коксика.

Надлишок відновника, при якому посадка електрода стає високою, з-під самих електродів б'ють «свищі» (піч «рве»), звужуються тиглі, чутна робота дуг (характерний гул), шихта круто обвалюється у електродів, навантаження на електродах спокійне, з печі припиняється вихід шлаку, вихід сплаву зменшується та його температура знижується. Тривала робота з надлишком відновника в шихті призводить до заморожування колошника печі та заростання печі шлаком при різкому зниженні продуктивності.

Робота на коротких електродах, як за зовнішніми ознаками, так і за результатами подібна до роботи з надлишком відновника. З-під електродів б'ють нориці, тиглі звужуються, чутна робота дуг, шихта круто обвалюється у електродів, на печі припиняється вихід шлаку, вихід металу зменшується.

Робота з надмірно довгими електродами при високій їх посадці викликає збільшення втрат електроенергії в самих електродах, а при глибокій посадці електродів призводить до того, що електроди «сідають» в шлак, втрачається дуговий режим роботи печі, піч «не приймає шихту». Робота із надмірно довгими електродами, як правило, призводить до «закварцювання» печі через прагнення обслуговуючого персоналу «посадити» електроди. При накопиченні в печі шлаку і його нерегулярного виходу в піч даються добавки вапна.

Виправка кремнію та його сплавів у печах з ванною, що обертається, має ряд технологічних особливостей. У цьому випадку змінюється будова робочого простору печі, об'єм газової порожнини під електродами зменшується втричі-чотири рази в порівнянні з об'ємом при роботі з нерухомою ванною. Газова порожнина формується, в основному, з боку електрода, а з боку, що збігає, або зовсім відсутня, або розвинена дуже слабо. Асиметричність газової порожнини пояснюється переміщенням газовим

розрядом до сторонни електрода внаслідок збільшення електродинамічної сили при підвищенні щільності струму в шихті з цієї сторони до 0,7-0,9 А/см², що втричі вище, ніж на стороні того ж електрода. Зниження частоти обертання ванни призводить до зменшення ущільнення шихти з боку електрода, що набігає. У цьому випадку газова порожнина отримує певний розвиток і на стороні, що збігає, електрода [1].

Виробництво феросиліцію відноситься до безшлакових процесів, але тим не менш отримання сплаву завжди супроводжується отриманням деякої кількості шлаку (на 1 т ФС45 виходить 25-50 кг шлаку і на 1 т ФС75 35-70 кг шлаку). Причиною шлакоутворення є домішки шихтових матеріалів, які за фізико-хімічними умовами процесу не можуть бути повністю відновлені (глинозем, оксиди кальцію, барію, магнію тощо) і які шлакуються кремнеземом. При нестачі відновника шлак збагачується кремнеземом, а також карбідом кремнію внаслідок руйнування гарнісажу. У шлаках виявлено такі власне шлакові мінеральні фази: геленіт, анортит, сарколіт, гексаалюмінат кальцію, корунд, шпинель, діалюмінат кальцію, сульфід кальцію та силікатне скло, яке становило основу більшості проб. До домішок, що утворюються не в процесі кристалізації розплаву, а потрапляють до нього ззовні, відносяться карбід кремнію, графіт, кокс, кварцит, кристобаліт, а також частки феросиліцію і кремнію. Шлаки також містять карбіди кальцію та барію, сульфіди. Помітної різниці у складі шлаку при виплавці ФС20, ФС25, ФС45, ФС75 та ФС90 не спостерігається. Деяка відмінність складу шлаків різних заводів пояснюється особливостями шихтових матеріалів, і навіть складом використовуваних флюсів. Шлаки мають високу температуру плавлення (1500-1700°C), характеризуються значною в'язкістю, що становить 1-5 Па·с навіть при 1700°C, причому в'язкість їх підвищується при підвищенні вмісту кремнезему і карбіду кремнію (наприклад, при нестачі відновника) [2].

Оскільки шлаку міститься 40-70 % сплаву як корольків, його слід утилізувати. Корольки утилізують розплавленням відвальних шлаків від

виробництва ФС45, ФС75, ФС90 у ФС20, що має майже вдвічі більшу щільність. При цьому зменшуються втрати сплаву і збільшується продуктивність конвеєрних розливальних машин при розливанні ФС20.

Внаслідок високої в'язкості шлак частково залишається в печі та викликає заростання ванни, при цьому знижується продуктивність печі, збільшується питома витрата електроенергії та скорочується тривалість кампанії. У зв'язку з цим необхідно повністю видаляти з печі шлак, що утворився, що досягається при глибокій і стійкій посадці електродів і достатньої кількості відновника в шихті. Повному видаленню шлаку сприяє обертання ванни печі, що забезпечує руйнування карбідів та рівномірне прогрівання подини печі. У деяких випадках при скупченні шлаку його видаляють за допомогою вапна, що задається в піч. Хороші результати дає введення в піч відходів від виробництва силікокальцію, що містять сплав, карбіди кальцію та кремнію та оксид кальцію. Однак введення флюсуючих призводить до збільшення кількості шлаку і підвищення питомої витрати електроенергії і в ряді випадків – погіршення якості сплаву, оскільки викликає забруднення кальцієм. Основні заходи боротьби зі шлакоутворенням при виробництві кремнію та його сплавів зводяться до суворого контролю за введенням у піч достатньої кількості відновника та застосування можливо більш чистих матеріалів.

Випуск феросиліцію з печі проводиться періодично в міру його накопичення. Занадто часті випуски сплаву призводять до великих втрат тепла та зниження температури в районі випускного отвору, що ускладнює вихід сплаву та шлаку, а також збільшення втрат сплаву при випуску та розливанні його. При надто рідкісних випусках уповільнюється процес відновлення кремнезему, зменшується глибина посадки електродів у шихті та збільшуються втрати кремнію під час ульоту. Зазвичай при виплавці виробляють чотири-п'ять випусків за зміну через рівні проміжки часу. Розтин льотки проводиться прострілюванням її зі спеціальної рушниці,

пропалюванням електричною дугою або киснем, пробиванням залізним прутом або за допомогою бура.

Тривалість операції випуску становить 15-25 хв. Льотки повинні бути відкриті широко і періодично прошуровуватися залізним прутом для того, щоб забезпечити повний вихід шлаку з печі. Дрібно закрита льотка викликає розігрів гарнісажу передньої стінки печі, що призводить до порушення нормальної роботи льотки та роз'їдання футерування печі в районі льотки. Феросиліцій випускають у ківш, футерований шамотною цеглою або графітовою плиткою, і потім розливають у зливки, чавунні виливниці або чушки на розливу конвеєрного типу. Виливниці та мульди розливної машини оббризкують вапняним молоком. Товщина злитка 75%-вого феросиліцію, розлитого у чавунні масивні виливниці, не повинна перевищувати 100 мм, так як при злитку товщиною 180 мм відмінність вмісту кремнію в окремих точках зливка може досягати 10 %.

Зливки (чушки) сплаву передають в остсевичне відділення, де після остигання дроблять і сплав упаковують у дерев'яну або металеву тару. Розливання злитків має бути механізовано. Цехи повинні бути обладнані установками для дроблення та гуркотіння сплавів, щоб забезпечити виконання замовлень на феросиліцій у шматку даних розмірів і маси.

В тих випадках, коли потрібно феросиліцій з дуже низьким вмістом алюмінію, титану та інших домішок крім технологічних заходів (робота на чистих шихтових матеріалах, зниження співвідношення струму та напруги, відмова від підсипки ковшів коксовою дрібницею, збільшення витримки сплаву перед розливом, введення флюсів у піч і т. п.) сплав перед розливом піддають додатковому рафінуванню різними методами: обробкою сплаву в сталеплавильних печах синтетичними шлаками, продуванням в ковші газоподібним хлором або вуглекислим газом, обробкою в ковші синтетичними окислювальними шлаками і подальшою продувкою.

Обробка хлором дозволяє отримати сплав із вмістом 0,02% Al; 0,5% Ti; 0,01% C та слідами кальцію. Такі методи отримання чистого феросиліцію,

як правило, дешевші, ніж виробництво його з особливо чистих матеріалів. Продування також знижує вміст у феросиліції неметалевих включень з 0,8-1,2 до 0,3-0,6%, основними складовими яких є SiO_2 (~75%) та Al_2O_3 (~17%). Комбінований спосіб рафінування ФС75 з обробкою металу шлаком, що містить сидерит і плавиковий шпат (4:1), і продування його киснево-азотної сумішшю дозволяє отримати сплав, що містить $> 0,1\%$ Al [2]. Зниження втрат кремнію та можливість ведення процесу при оптимальному температурному режимі забезпечує процес газопорошкового рафінування за високого ступеня видалення алюмінію.

1.2 Характеристика відхідних газів

Запиленість газів, що надходять на очищення, залежить від режиму роботи печі, ходу технологічного процесу, режиму роботи «мокрого» газоочищення, а також якості шихти (табл. 1.2).

Середня запиленість газів, що надходять на очищення, при відборі газів від печі становить $0,8 \text{ г/нм}^3$.

Запиленість газового потоку після очищення не перевищує $0,00085 \text{ г/нм}^3$.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад пилу, що надходить на очищення

Вміст компонентів, %								
C	S	SiO_2	FeO	Al_2O_3	CaO	MgO	Mn	P
6,0	2,6	28,0	1,2	2,7	3,9	2,9	22,8	0,14

Питома вага пилу становить $3,44 \text{ г/см}^3$. Дисперсний склад пилу, що надходить на очищення, визначається струминним сепаратором – імпактором, принцип роботи якого заснований інерційним осадженням завислих частинок. Середньомедіанний розмір частинок пилу, що надходить на очищення, становить $d_{50} = 1,2 \text{ мкм}$. Дисперсний склад пилу представлений у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Дисперсний склад пилу

Розмір частки, мкм	0,5	0,5-1	1-2	2-5	5-10	10-20	20
Вміст, %	18	24	28	22,5	5,9	1,38	0,12

Основна частина технологічних газів надходить на «мокре» газоочищення і потім допалюється на свічках. Невелика кількість газів у вигляді неорганізованих викидів через нещільності в печі та завантажувальні воронки надходять у приміщення цеху, звідки через газозбірний зонт, встановлений над піччю, прямує на рукавний фільтр.

Проект не передбачає хімічного очищення газів, тому всі шкідливі компоненти, що надходять у рукавний фільтр, викидаються в атмосферу без очищення. Крім того, можливі викиди та перевищення ГДК за окремими компонентами на робочих місцях, тому що фільтр працює під тиском. Температура газів, що надходять на очищення, залежить від низки показників роботи печі: перебігу технологічного процесу; режиму роботи мокрих технологічних газоочисток; якості шихти; температури навколишнього середовища.

При порушенні технологічного процесу виплавки феросплавів особливо під час викидів з-під склепіння печі температура газів, що надходять на очищення, досягає 130-180⁰С. Гранично допустима температура газів, що надходять на очищення в рукавний фільтр, становить 130⁰С. Враховуючи інерційність спрацьовування системи стабілізації температурного режиму роботи рукавного фільтра температура газів, що надходять на очищення, підтримувалася трохи нижче за допустимий режим і не перевищувала 115⁰С [5].

Кількість газів, що відбираються від печі, залежить від їхньої температури. Чим вище температура газів, тим більше повітря необхідно підсмоктувати в систему, тим нижча продуктивність газовідсмоктувачів. При відборі газів від двох печей велика кількість повітря підсмоктується через зонт, тому температура газів, що відходять від печі, не перевищує 130⁰С. При

роботі газоочищення з відбором газів від шести печей, за рахунок малого підсмоктування повітря в систему через зонт, температура газів, що відходять від печей, досягає 180⁰С.

Хімічний склад колошникового газу, що утворюється при виплавці різних феросплавів у закритій печі, представлений у табл. 1.4.

З колошниковими газами виділяються також SO₂, основним джерелом утворення якого є коксик (50-570 мг/м³), H₂S (до 7 г/м³ при виробництві висококремнистих сплавів). У невеликих кількостях містяться інші надзвичайно токсичні домішки: PH₃, AsH₃, HCN.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад відхідних газів РТП печей для виплавки феросиліцію

Марка сплаву	Об'ємна частка, %					
	CO	CO ₂	H ₂	CH ₄	N ₂	O ₂
ФС 75	87,3	5,1	6,2	1,4	0,3	1,0
ФС 45	80-88	2-4	3-4	0,3-0,7	3,6	1,0

Основні параметри технологічних газів визначаються маркою сплаву, що виплавляється, і змінюються в широких межах.

З технологічними газами з печей виноситься значна кількість пилу (5-60 г/м³ або 3-30 кг/т сплаву), хімічний і дисперсний склад якого змінюється в широких межах залежно від виду сплаву, що виплавляється, і режиму роботи печі (відкритий або закритий). Однак у всіх випадках дисперсний склад пилу феросплавних печей характеризується значною масовою часткою дрібних фракцій (менше 10 мкм – 40...90%), що утворюються в результаті сублімації металів і окислення парів.

Щільність та електропровідність пилу також визначаються тими ж основними факторами, що й склад пилу. Наприклад, при виплавці 75%-го феросиліцію в закритій печі щільність пилу змінюється від 2,1 до 2,3 г/см³.

2 ЕКОЛОГІЯ ФЕРОСПЛАВНОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Існуючі схеми очищення газу

Враховуючи високу дисперсність пилу, що утворюється в феросплавних печах і значний вміст в газі горючих складових, що зумовлює необхідність його використання в якості теплоносія, для очищення феросплавного газу від пилу слід застосовувати найбільш ефективні способи. Щоб очищений феросплавний газ можна було використовувати як паливо, обрана система газоочищення повинна забезпечувати залишковий вміст пилу в газі не вище 10~20 мг/м³. Для цих цілей застосовують електрофільтри, рукавні фільтри та скрубери Вентурі.

При організації системи очищення газів, що виділяються з закритих феросплавних печей середньої потужності (16,5 МВ А), виходячи з того що кількість газу, що очищається, становить 200-220 тис. м³/год, температура газу - 200...300°C, запиленість перед газоочищенням - 1...3 г/м³. Тут можливе як мокре, так і сухе газоочищення в тканинних фільтрах та електрофільтрах.

При мокрій очистці в більшості випадків застосовують високонапірні скрубери Вентурі, скомпоновані в групи. Кожна з них складається з двох блоків, що включають трубу Вентурі з регульованим перерізом горловини та краплеуловлювач. Зрошення газу здійснюється форсунками, температура газу при цьому знижується зі 150-170 до 60-80°C. Для відведення газів за кожною піччю встановлений екстаустер, що створює розрідження 72,5 кПа.

При витраті води на один блок газоочищення, що становить 80-100 м³/год, та початкової запиленості газу 0,6-0,8 г/м³ вміст пилу в очищеному газі становить 0,05 г/м³.

Як і зазвичай, основний недолік мокрого очищення – значна витрата води та утворення відкладень у газовідвідному тракті та на лопатках димососів. Двоступінчаста система очищення, що включає груповий циклон і електрофільтр, забезпечує кінцеву концентрацію пилу в газах печі, що

виплавляє ферохром, на рівні 0,02-0,03 г/м³. При витраті газів близько 40 тис. м³/год з температурою на вході 60-130°С і початковою концентрацією пилу 4,0-4,5 г/м³ ефективність пиловловлення в груповому циклоні становить 60-72%, а в електрофільтрі – близько 98% .

Для очищення газів закритих феросплавних печей найбільшого поширення і в нашій країні, і за кордоном набула мокра двоступінчаста очищення газу (рис. 2.1) [5].

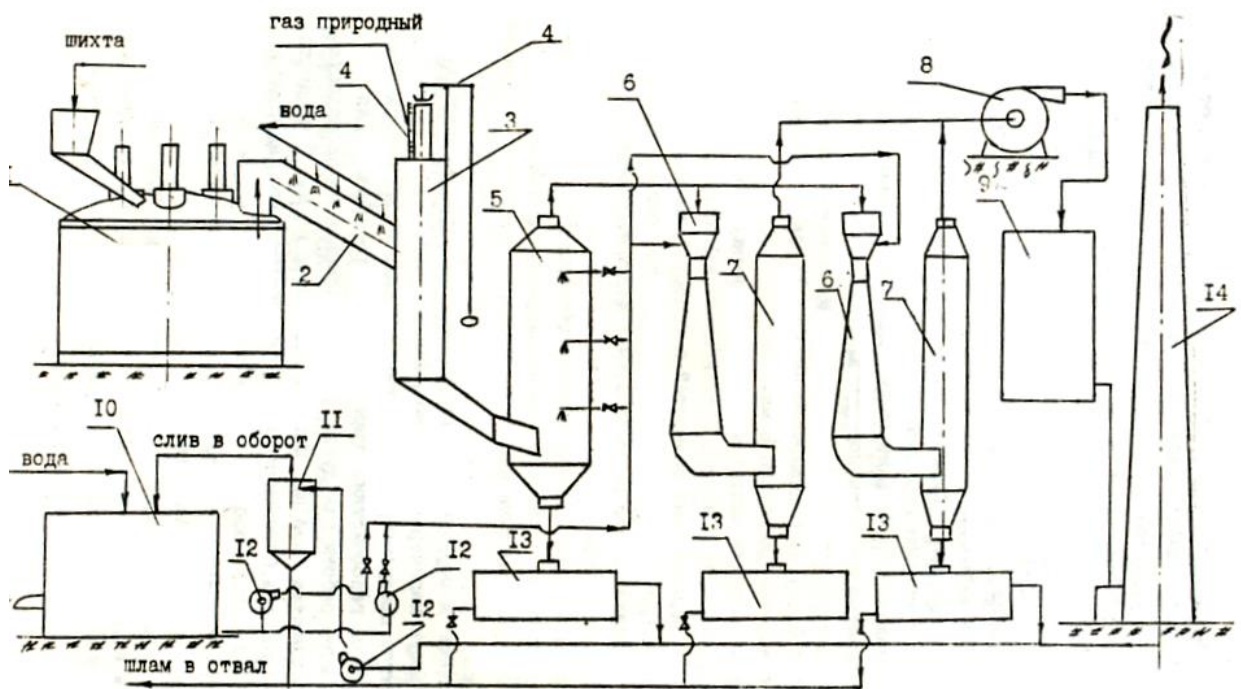


Рисунок 2.1 – Схема газоочисної установки закритої феросплавної печі: 1 – РТП; 2 – похилий газохід; 3 – водоохолоджуваний стояк; 4 – пристрій для аварійного відкриття свічки та запалення газу; 5 – скруббер ступеня очищення; 6 – труба Вентурі; 7 – краплеуловлювач; 8 – димосос; 9 – котел – утилізатор; 10 – ємність; 11 – гідроциклон; 12 – насоси; 13 - шламосбірник; 14 – димова труба

Перший ступінь (грубе очищення газу) призначений для охолодження газу та уловлювання великого пилу, другий – для отримання необхідного ступеня очищення. Газ з підзвідного простору печі відводиться через три

газовідвідні патрубки, розташованих на зводі печі в міжелектродному просторі під кутом 120° один до одного. Переріз патрубка вибирають так, щоб швидкість газового потоку в ньому не перевищувала 8 м/с; при цьому дрібні частинки шихти не захоплюються газовим потоком з-під склепіння печі. З газовідвідного патрубка пилогазовий потік надходить у похилий зрошуваний газохід довжиною 3-4 м. Газ, що проходить по ньому зі швидкістю 10-15 м/с, рясно зрошується водою або через форсунки або перфоровану трубу, розміщену вздовж газоходу, або спрямованим плівковим зрошенням стінок газоходу.

Таким чином, похилий газохід є фактично апаратом попереднього очищення та охолодження газу. У ньому газ охолоджується до $60-80^\circ\text{C}$, насичується парами води і, залежно від способу зрошення, на 30-80% звільняється від пилу (найменше уловлювання пилу при плівковому зрошенні води і максимальне - через форсунки). У похилому газоході витрачається близько 50% усієї води, що споживається газоочисною установкою.

Уловлений водою пил у вигляді пульпи стікає в порожнистий скруббер, куди надходить і насичений водою газ.

У скруббері газ, що піднімається зі швидкістю 0,7-1,2 м/с, зрошується охолодженою водою з оборотного циклу, внаслідок чого його температура знижується до $30-40^\circ\text{C}$. Зниження температури насиченого газу супроводжується конденсацією водяної пари, і чим повніше процес конденсації, тим ефективніша робота скруббера як пиловловлюючого апарату.

Зрошення скрубберів здійснюють евольвентними форсунками, розташованими в 3-4 яруси, зазвичай по три форсунки в кожному ярусі. Оптимальним режимом роботи скруббера є витрата води, що становить 25 м³/год при тиску 0,32 МПа. До недоліків газоочисної установки відноситься незадовільне очищення води зворотного циклу від механічних суспензій, що призводить до забивання форсункових отворів. Тому встановлюють форсунки зі збільшеним діаметром отвору, однак це

підвищує витрату води порівняно з оптимальним у 2 і більше разів.

У скрубєрі вміст пилу в газі знижується до 2-4 г/м³. На другий, тонкий, ступінь очищення в трубі Вентурі надходить газ, що містить практично тільки дрібнодисперсний пил мікронних і субмікронних розмірів, для уловлювання якої труба Вентурі повинна працювати з дуже високими швидкостями (120-150 м/с) і перепадом тиску 15-20 кПа.

Очищений до необхідних меж від пилу газ звільняється від крапельної вологи в краплеуловлювачі і газодувкою подається споживачеві як паливо.

Налипання пилу на деталі холодильника усувається за допомогою пристрою для періодичного обдування похилих трубок холодильника стисненим повітрям протягом 1-2 год. При випуску пилу з бункерів рукавного фільтра для руйнування пилових перемичок, що утворюються, застосовують азот під високим тиском [5].

Для очищення газів закритих феросплавних печей доцільною є двоступінчаста мокра схема очищення з використанням труб Вентурі.

Тут слід зазначити, що частину проблем захисту повітряного басейну від забруднення газами феросплавних печей, окрім удосконалення існуючих газоочисних апаратів та розробки нових конструкцій, можна вирішити технологічними засобами. Матеріали, що спускаються з шахт, нагріваються за рахунок теплоти газів, що проходять через них, і теплоти, що виділяється при згорянні оксиду вуглецю (II). У шарі матеріалу в шахтах, як у зернистому фільтрі; відбувається також конденсація парів марганцю, який знову повертається до ванни електропечі. Втрати марганцю при цьому становлять 0,21% замість 5% у звичайній руднотермічній печі.

В цілому, що стосується утилізації викидів феросплавного виробництва, необхідно зазначити, що при організації сухих способів очищення газів втрачається вся теплота газів, що відходять, проте в принципі надається можливість утилізувати уловлений пил, як із закритих, так і відкритих печей і повернути його в процес після попередньої підготовки до плавки (обкомкування).

Навпаки, при мокрому способі очищення газів закритих печей уловлений пил у вигляді пульпи прямує до загальнозаводського водошламового господарства, де змішується з іншими матеріалами і безповоротно втрачається. При цьому одержуваний очищений від пилу газ (близько 90% горючих компонентів) є високоякісним цінним паливом; його також можна використовувати як сировину для хімічної промисловості (після ще однієї стадії доочищення від пилу до вмісту менш 10 мг/м³).

Слід враховувати, що одним із основних питань техніки безпеки, пов'язаних з використанням газу феросплавних печей, є його вибухонебезпечність та токсичність. Нижній межі займистості відповідає об'ємна частка оксиду вуглецю (II), що дорівнює 12,5%; верхньому - 74,5%. При нижчих і високих концентраціях CO газ може горіти при запаленні, але мимовільного загоряння не станеться.

З підвищенням температури газоповітряної суміші займистість її збільшується. Якщо температура робочого простору вища за температуру початку займання, газоповітряна суміш горить при будь-якій витраті повітря.

З розглянутого матеріалу слідує, що, як технологія виробництва феросплавів, так і способи очищення газів, що утворюються при цьому, відрізняються великою різноманітністю і складністю. З урахуванням того, що ряд феросплавів доводиться ще виплавляти у відкритих руднотермічних печах, обладнання цих печей газоочисними установками потребує великих капітальних вкладень, частка яких у загальних капітальних вкладеннях у виробниче обладнання цеху досягає 25-30%.

Значні витрати виробництво несе також під час експлуатації газоочисних установок.

Величина капітальних вкладень та експлуатаційних витрат на очищення газів залежить від багатьох факторів, у тому числі від необхідного ступеня очищення та типу газоочисного апарату.

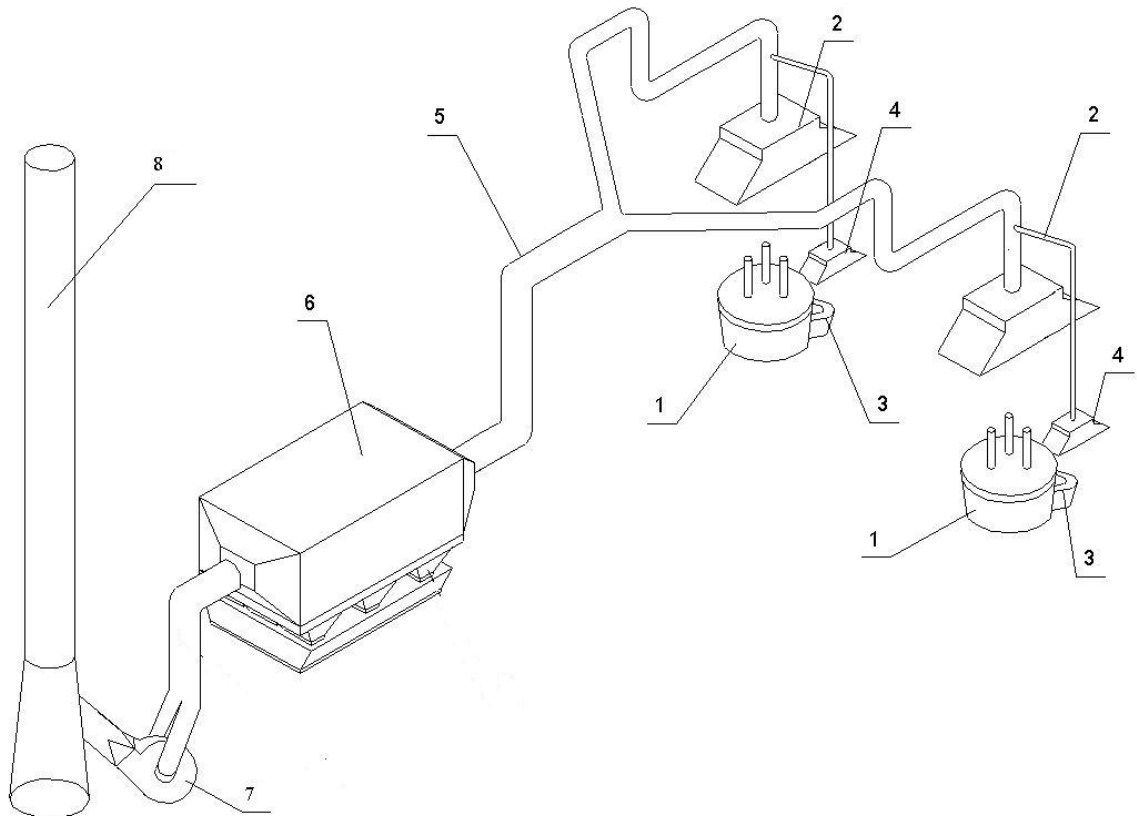
2.2 Вибір і обґрунтування способу очищення газів

У кваліфікаційній роботі запропоновано суху схему очищення в рукавному фільтрі. Кількість газів, що відходять, від двох печей типу РЗК-23 становить 480000 нм³/год. Гази виходять із печі з температурою 100°C-130°C. Кількість пилу, що виділяється з печі, залежить від технологічного режиму плавки і матеріалів шихти.

Газ відбирається від печі та льотки закритих рудно-термічної печі №1, №2 за допомогою зонтів. При цьому за рахунок підсмоктування навколишнього повітря відбувається розведення газів закритої РТП, що утворилися при виплавці і зливі феросиліція в 10...15 разів. За рахунок розведення запиленість і температура пилогазоповітряної суміші суттєво знижуються. За системою газоходів брудний газ надходить на очищення у рукавний фільтр. Запилений газ фільтрується через матеріал. Далі очищений газ за допомогою димососа викидається через димову трубу в довкілля. Схема газоочищення представлена на рисунку 2.2. Вловлений у рукавному фільтрі пил надходить на вузол утилізації.

Як газоочисний апарат передбачений рукавний фільтр типу ФРІР. Як фільтруючий матеріал пропонується голкопробивний поліефірний фетр.

Переваги сухого газоочищення: енерговитрати (а також трудові витрати) при експлуатації тканинних фільтрів у кілька разів нижчі, ніж при експлуатації електрофільтрів; мокре газоочищення вимагає організації відповідного водно-шламового господарства, вартість якого і витрати на подальшу його експлуатацію дуже значні, а при сухому способі очищення газів водно-шламове господарство відсутня; при очищенні в рукавних фільтрах відсутній каплеунос, внаслідок чого підвищується термін служби газоходів, оскільки немає заростання та корозії труб. Виходячи з вище викладеного, очищення газів, що відходять від руднотермічних феросплавних печей у рукавних фільтрах, більш економічна, ніж при застосуванні інших способів очищення.



1 – РТП; 2 – парасолька від печі; 3 – льотка; 4 – парасолька від льотки;
5 – газохід; 6 – рукавний фільтр ФРІР; 7 – димотяг

Рисунок 2.2 – Схема газоочищення

Фільтри напірного типу через низьке газове навантаження мають великі габаритні розміри, металомісткі. Тому в дипломному проекті запропоновано заміну рукавного напірного типу на ФРІР, що дозволяє позбутися цих недоліків.

Виплавка феросиліцію у феросплавних печах супроводжується значними виділеннями в атмосферу виробничих приміщень високотемпературних газів та пилу.

З метою зниження викидів в атмосферу, зниження загазованості на робочих місцях встановлюються газоочищення.

У феросплавному цеху на РТП №1 та №2 як газоочисна установка пропонується поставити рукавний фільтр типу ФРІР-5700. Він призначений для очищення від пилу аспіраційного повітря, що відсмоктується від РТП.

Основні конструктивні особливості фільтра та принцип його роботи представлені на рисунку 2.3.

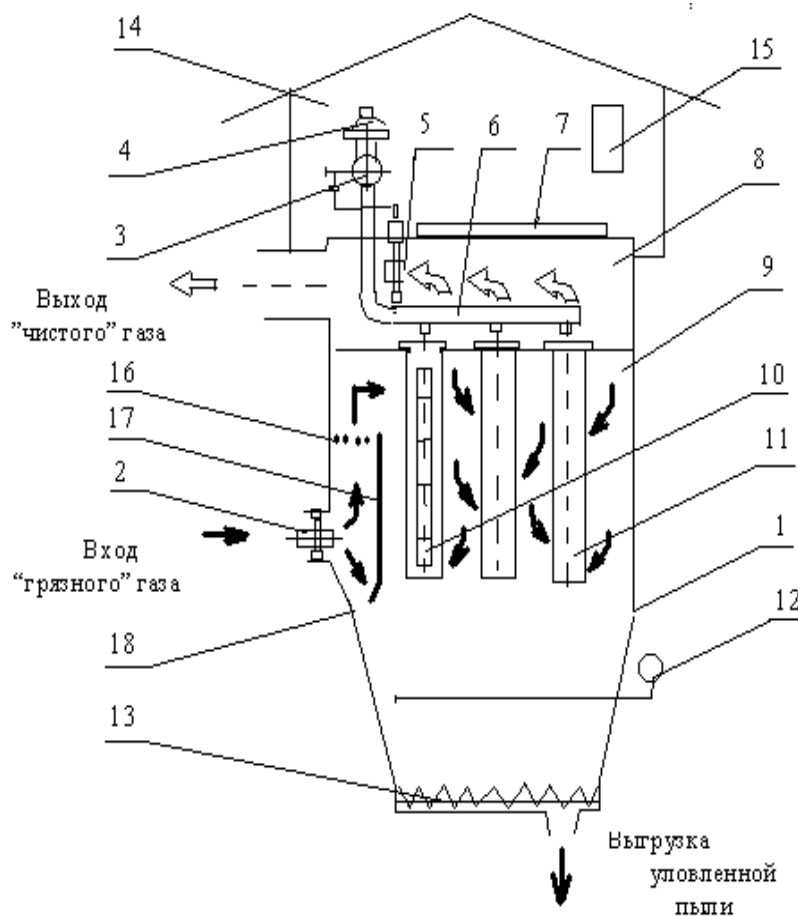


Рисунок 2.3 – Пристрій та робота рукавного фільтра типу ФРІР:

1 – корпус фільтра; 2 – відсічний клапан; 3 – накопичувач стисненого повітря; 4 – продувний клапан; 5 – відсічний клапан; 6 – роздавальний колектор; 7 – знімна кришка; 8 – камера чистого газу; 9 – камера забрудненого газу; 10 – каркас рукава; 11 – фільтрувальний рукав; 12 – система пневмообрушення; 13 – вузол вивантаження пилу; 14 – намет фільтра; 15 – пристрій керування регенерацією; 16 – аеродинамічні ґрати; 17 – відбійний щит; 18 – бункер

Корпус фільтра складається з опорного пояса з підвісними бункерами, вузла вивантаження пилу, системи пневмообвалювання пилу, оглядових люків, відсікових клапанів забрудненого газу, розподільчого газоходу та панелей огорожі. Перекриття корпусу фільтра служить блоком регенерації.

Підвісні бункери виконані у вигляді перевернутої усіченої піраміди з кутом нахилу бічних граней 70° . Бункери фільтра в нижній частині обладнані вузлом вивантаження пилю, а також пристроєм пневмообрушення та оглядовими люками [5].

Система пневмообрушення, що складається з накопичувача стисненого повітря і роздавального колектора, служить для запобігання сводоутворення в бункерах. Управління системою пневмообвалення здійснюється автоматично при включенні ланцюгового трубного конвеєра. При цьому спрацьовує продувний клапан і здійснює подачу стиснутого повітря в бункер.

Оглядовий люк бункера призначений для можливості і проникнення всередину бункера і є круглим отвіром, закритою кришкою. Кожен бункер обладнаний двома оглядовими люками [5].

Для можливості проникнення всередину фільтра в панелі огорожі з торця фільтра виконані два люки овальної форми з кришками.

Клапан відсічного «брудного» газу є замикаючим пристроєм, виконаним у вигляді поворотної заслінки. Відсічний клапан монтується в нижній частині корпусу і рухається в ручну. На кожен блок камер "брудного" газу встановлюється по чотири відсікові клапани. Описана схема установки відсікових клапанів «брудного» газу дозволяє проводити заміну фільтрувальних рукавів у 1/8 частині фільтра без його зупинки.

Принципова схема роботи рукавного фільтра представлена на рисунку 2.3. Запилений газ надходить до камери «брудного газу». Напрямок руху потоку газу в колекторі організована таким чином, щоб міжрукавний простір кожної секції рукавного фільтра надходив запилений газ і, розподіляючись по секції, мав би складову векторів руху вертикально вниз.

Крім того, технологічна схема руху брудного газу в корпусі рукавного фільтра прийнята, виходячи з таких вимог:

- зниження швидкості газового потоку до 3-4 м/с на вході в рукавний простір у камери брудного газу;
- зміни напрямку руху газового потоку спочатку зверху донизу, а потім

знизу вгору при одночасному зменшенні швидкості руху. Ця частина корпусу фільтра одночасно виконує роль осадової камери для видалення з газового потоку великих частинок пилу та шлаку;

– підведення брудного газу до верхньої частини рукавів та подальший рух газового потоку між рукавами зверху вниз. Подібна схема руху брудного газу в міжрукавному просторі збігається із напрямом осідання пилу під час регенерації рукавів.

Описана вище технологічна схема руху газового потоку є важливою технічною перевагою ФРІР фільтра в порівнянні з фільтрами інших конструкцій. Також рукавні фільтри ФРІР мають такі переваги перед іншими серійно випускаються: менші габарити при тій же продуктивності; закріплення рукавів провадиться з одного боку у верхній частині фільтра, що гранично спрощує заміну рукавів; підвищена ремонтпридатність фільтра; ефективність імпульсної регенерації, що здійснюється за допомогою клапанів з підвищеною швидкодією; розміщення на відкритому повітрі з укриттям лише верхньої частини фільтра.

З міжрукавного простору фільтра запилений газ проходить через фільтрувальні рукави у напрямку зовні усередину. При цьому пилоподібні забруднення відокремлюються перегородкою з фільтрувального полотна. Встановлені всередині фільтрувальних рукавів дротяні каркаси зберігають форму рукава, не даючи можливості скластися.

Для відновлення фільтруючої здатності рукавів періодично здійснюється їхня регенерація. Через рівні інтервали часу (встановлюються в процесі пусконаладжувальних робіт) при короткочасному відкритті продувних клапанів із накопичувачів стисненого повітря подається стиснене повітря в розподільчі колектори протягом імпульсу з надлишковим тиском 0,4-0,5 МПа. Потім через сопла спеціальної форми роздавальних колекторів стиснене повітря з великою швидкістю спливає у фільтрувальні рукави.

Продувне повітря у вигляді ударної хвилі потрапляє у фільтрувальний рукав. При цьому наростає відповідний протитиск. Рукав, який до подачі

імпульсу прилягав до корпусу дротяного каркаса, різко роздмухується до повного об'єму і в кінцевому положенні різко гальмується, частинки при цьому продовжують по інерції свій шлях і відриваються від зовнішньої поверхні фільтрувального полотна. З внутрішнього середовища фільтрувального полотна частинки пилу видмухуються коротким, але сильним продувним струменем назад у бік «брудного газу». Виділений пил падає у бункер фільтра. Після закриття продувного клапана очищені рукави готові до нормального процесу фільтрування. Відповідно до заданої тривалості такту всі ряди рукавів будуть у певній послідовності у положенні регенерації на час тривалості імпульсу. Тривалість імпульсів та тактів регулюється за допомогою блоку автоматики (контролера), узгоджуючи їх із різними експлуатаційними умовами. Головним параметром введення рукавного фільтра режим регенерації є підвищення опору вище деякої величини перепаду тиску. При зниженні тиску нижче цієї величини процес регенерації припиняється, і система автоматики перетворюється на режим «очікування». Розмір перепаду тиску визначається процесі пусконаладжувальних робіт залежно від досягнення проектною продуктивності фільтрувальної установки. Пил, уловлений у рукавному фільтрі, накопичується в бункерах. Видалення пилу з бункерів провадиться за допомогою системи пилоприбирання. Управління регенерацією фільтра здійснюється системою автоматики. Система передбачає пряму зміну гідравлічного опору фільтра за допомогою диференціального манометра з вторинним записуючим приладом. Непрямо визначається відношення гідравлічного опору фільтра до витрати газу, що очищається.

Основними конструктивними елементами рукавного фільтра ФРІР є корпус, система регенерації, фільтрувальні рукави, дротяний каркас, система повітропостачання. Корпус рукавного фільтра служить для розміщення та закріплення на ньому всіх вузлів та механізмів і повинен бути міцним, герметичним, стійким проти корозії, забезпечувати мінімальну теплопередачу та відводити статичну електрику.

Корпус рукавного фільтра типу ФРІР виконаний прямокутним. Прямокутний корпус забезпечує можливість просто та економічно розміщувати в них рукави, що дозволяє збирати із секцій компактний корпус. Дворядне розташування секцій прямокутного компонування дає можливість розташовувати колектори запиленого та очищеного газу між рядами секцій, зменшуючи при цьому витрати металу та трудомісткість виготовлення фільтрів.

Матеріалом для виготовлення корпусу відповідно до умов експлуатації та для забезпечення необхідної міцності та захисту від впливу навколишнього середовища є вуглецева сталь.

Корпус фільтра має камери брудного та чистого газів, розділені горизонтальними перегородками дошками рукавами з отворами для кріплення фільтрувальних рукавів. Фільтрувальні рукави розміщуються у камері брудного газу з допомогою рукавних дощок. Кріплення рукавів одностороннє камери чистого газу. Верхня частина камери чистого газу обладнана кришками, що знімаються для доступу до фільтрувальних рукавів. Камера брудного газу є єдиною секцією без перегородок. Камера чистого газу розділена вертикальними перегородками на 4 секції за кількістю можливої установки відсікових клапанів. Вихід чистого газу загальний.

Нижня частина корпусу рукавного фільтра закінчується бункером для збору уловленого пилу. Кут нахилу стінок бункера повинен бути більше кута природного укосу пилу, що уловлюється, щоб уникнути його зависання. Тому кут нахилу стінок бункера становить $60^\circ \dots 65^\circ$.

У рукавному фільтрі типу ФРІР із прямокутним корпусом використовують пірамідальні бункери для кожної секції. Перевага пірамідальних бункерів, у порівнянні з щілинними бункерами полягає у простоті експлуатації рукавного фільтра і в підвищенні надійності з роботи, так як конвеєр для переміщення пилу не знаходиться в середовищі газу, що очищається.

Корпус прямокутного рукавного фільтра виготовлений зварним у вигляді двох блоків: основної частини корпусу та бункера з рамою.

Для забезпечення жорсткості конструкції корпусу в місцях з'єднань встановлюють куточки або збирають корпус елементів гнучого профілю повернутими полицями назовні, що полегшує складання і контроль герметичності, але погіршує зовнішній вигляд апарата.

Для обслуговування і догляду за фільтрувальними рукавами корпусу забезпечують монтажними і оглядовими люками круглої форми з кришками, що герметично закриваються.

Для доступу до монтажних та оглядових люків, системи та механізмів для регенерації рукавів передбачені майданчики та сходи, розташовані зовні по периметру корпусу апарату, а також усередині корпусу в нижній та верхній частинах.

Корпуси фільтрів, що всмоктують, типу ФРІР розраховують на розрідження 3 кПа.

Газ, що очищається, має температуру вище, ніж повітря в навколишньому приміщенні, тому корпус рукавного фільтра покривають тепловою ізоляцією. Теплоізоляція служить для того, щоб не відбувалося охолодження газу нижче точки роси 40° , що призводить до різкого зниження пропускної здатності фільтра за рахунок конденсації вологи, що призводить до залипання пилом фільтрувальних елементів. Конденсація вологи на внутрішніх поверхнях апарату викликає їхню інтенсивну корозію.

При закритих знизу рукавах газ може подаватись у фільтр через колектор, розташований на одному з торців фільтра.

Колектори чистого газу та продувного повітря спільно з випускними клапанними коробками кріплять на кришці фільтра. Колектори виконують із листової сталі циліндричними.

Найбільш відповідальний вузол рукавного фільтра, що визначає якість очищення газів, - елементи, що фільтрують.

Фільтрувальні елементи виконані як циліндричних рукавів. Як фільтруючий матеріал у дипломному проекті запропоновано тканину лавсан.

Жорсткокаркасні фільтруючі елементи мають цілу низку переваг перед безкаркасними фільтруючими елементами. Жорсткий каркас дозволяє надати елементу, що фільтрує, будь-яку форму (в даному випадку циліндричну), яка не змінюється ні в процесі фільтрації, ні в процесі регенерації. Крім того, забезпечує постійне натяг фільтруючого елемента, і здійснюють фільтрацію газу зовні всередину фільтруючого елемента.

Для рукавного фільтра типу ФРІР здійснюють імпульсне продування стисненим повітрям. До складу пристроїв системи регенерації входять: накопичувач стисненого повітря, продувні клапани, колектори роздаткові. По осі кожного рукава над відкритою частиною розміщено сопло, встановлене на збірному колекторі, з швидкодіючим електромагнітним мембранним клапаном, що забезпечує періодичну подачу імпульсів стисненого повітря через сопла в кількості 55...70 л при тиску 0.25...0,3 МПа протягом 0,1...0,3 с. При цьому очищений газ ежектується в рукав, в результаті він різко роздмухується і з нього опадає пил в пиловий бункер.

2.3 Аеродинамічний розрахунок газового тракту

Для аеродинамічного розрахунку газового тракту приймаємо такі вихідні дані з табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані розрахунку газового тракту

Параметри	Місце виміру	
	Зонт над колошником закритої печі	Зонт над льоткою закритої печі
1 Об'ємна витрата газів за нормальних фізичних умов (НФУ), тис. $\text{м}^3/\text{год}$	170	60
2 Температура газів, $^{\circ}\text{C}$	105	80
3 Запиленість газів, $\text{г}/\text{м}^3$	1,2	0,8

Схема газовідвідного тракту представлена на рис. 2.4. Розбиваємо тракт на розрахункові ділянки. Розрахунковою вважається ділянка, на якій витрати газу та поперечний розмір газоходу незмінні. Шість розрахункових ділянок від закритої печі до димової труби пронумеровано римськими цифрами.

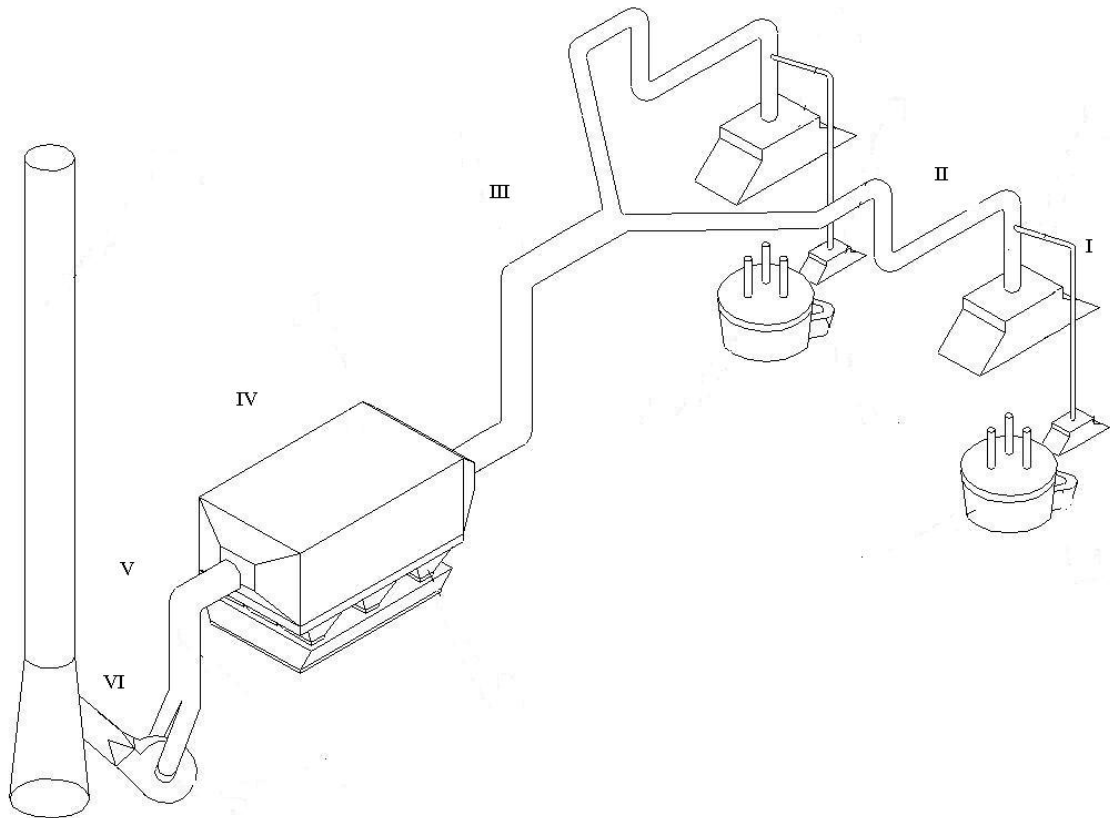


Рисунок 2.4 – Схема газовідвідного тракту

Прийнято такі довжини ділянок, що представлені у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Довжина ділянок для розрахунків

Номер розрахункової ділянки	Довжина ділянки l_i , м
I	$l_1=17$
II	$l_2=20$
III	$l_3= 22$
IV	Рукавний фільтр
V	$l_5=14$
VI	$l_6 =7$

Трубопровід сталевий, зварний, помірно заіржавлений. Для таких труб абсолютна еквівалентна шорсткість $k_s=0,3\dots0,7$ м [6]. Приймаємо $k_e=0,5\cdot 10^{-3}$ м.

Падіння температури на 1 м довжини газоходу приймаємо $\Delta t_L=0,5$ °С.

Ділянка I. Середня температура на розрахунковій ділянці дорівнює:

$$\bar{t}_{zi}^o = \frac{t_{ni} + t_{ki}}{2}, \quad (2.1)$$

де \bar{t}_{zi}^o - середня температура на розрахунковій ділянці;

t_{ni} - початкова температура на розрахунковій ділянці;

t_{ki} - кінцева температура на розрахунковій ділянці.

$$\bar{t}_{zi}^o = \frac{96 - 87,5}{2} = 91,75.$$

Температура газу в кінці розрахункової ділянки визначається:

$$t_{ki} = t_{ni} - \Delta t_L \cdot L_i, \quad (2.2)$$

$$t_{ki} = 96 - 0,5 \cdot 17 = 87,5.$$

Витрата газу на розрахунковій ділянці за робочих умов визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{газ}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot (D - \delta) \cdot L_i \cdot \Delta t_L \cdot \rho_{\text{газ}}}{\Delta t_L \cdot L_i}, \quad (2.3)$$

де $\rho_{\text{бар}}$ – атмосферний тиск, Па. Приймаємо $\rho_{\text{бар}}=101,3$ кПа;

$p_{гi}$ – надлишковий тиск газу (або розрідження) на розрахунковій ділянці, Па.

$$Q_{pyi} = 16,66 \cdot \left(\frac{273 + 91,75}{273} \right) \cdot \left(\frac{101,3}{101,3 - 0,2} \right) = 22,31.$$

Щільність газу на розрахунковій ділянці визначаємо відповідно до виразу:

$$\rho_{zi} = \rho_{oz} \times \frac{273}{(273 + \bar{t}_{zi}^o)} \cdot \frac{(p_{бар} \pm p_{zi})}{101,3} \quad (2.4)$$

$$\rho_{zi} = 1,293 \cdot \frac{273}{273 + 91,75} \cdot \frac{101,3 - 0,2}{101,3} = 0,965.$$

Діаметр трубопроводу на розрахунковій ділянці визначаємо з рівняння сталості об'ємної витрати, м:

$$d = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}} \quad (2.5)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 22,31}{3,14 \cdot 15}} = 1,37.$$

Приймаємо стандартний діаметр $d=1,4$ м.

Швидкість руху газу в трубопроводах брудного та чистого газу приймається в межах 15...20 м/с. Так як пил дрібнодисперсний, можна прийняти $V = 15$ м/с. Фактична швидкість у газоході $V_{\phi i}$ визначається після визначення діаметра газоходу на ділянці за формулою:

$$V_{\phi i} = \frac{4Q_i}{\pi d_i^2} = 1,27 \frac{Q_i}{d_i^2} \quad (2.6)$$

$$V_{\text{фi}} = 1,27 \cdot \frac{22,31}{1,4^2} = 14,457.$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя при ламінарному перебігу газу розраховується за формулою в галузі змішаного опору ($10 < \text{Re} \cdot \frac{k_2}{d} \leq 500$) справедлива формула Альтшуля:

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{\text{Re} \cdot d} + \frac{0,5}{\text{Re}} \right)^{0,25}$$

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{68}{1507139} + \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{1,4} \right)^{0,25} = 0,0159.$$

Сумарні втрати тиску (енергії 1 м^3 газу) ΔP складаються із втрат тиску на тертя за довжиною (лінійні втрати) ΔP_L та втрат тиску на окремих місцевих опорах ΔP_M .

$$\Delta P = \sum_{i=1}^m \Delta P_{L_i} + \sum_{i=1}^m \Delta P_{M_i}, \quad (2.7)$$

де i – номер розрахункової ділянки;

m – кількість розрахункових ділянок.

$$\Delta P_1 = 385,581 + 19,439 = 405,02.$$

Втрати тиску на тертя за довжиною розрахункової ділянки визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха, Па:

$$\Delta P_{L_i} = \lambda \frac{L_i}{d_i} \cdot \rho_i \frac{V_i^2}{2}, \quad (2.8)$$

де λ_i – коефіцієнт гідравлічного тертя на ділянці;

l_i – довжина розрахункової ділянки, м;

$d_{эi}$ – еквівалентний діаметр трубопроводу ділянки. Для круглого трубопроводу еквівалентний діаметр дорівнює діаметру трубопроводу $d_{эi}=d_i$;

$\rho_{гi}$ – щільність газу ділянки, кг/м³;

W_i – середня швидкість на ділянці, м/с.

$$\Delta P_{mр1} = 0,0139 \cdot \frac{17}{1,4} \cdot 0,965 \cdot \frac{14,457^2}{2} = 385,581 \text{ Па.}$$

Втрати тиску на місцевих опорах визначаємо за формулою Вейсбаха, Па:

$$\Delta p_{Mi} = \zeta_i \rho_{zi} \frac{v_i^2}{2}, \quad (2.9)$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору.

$$\Delta p_{M1} = (0,98 + 0,39 + 1,90) \cdot 0,965 \cdot \frac{14,457^2}{2} = 19,439.$$

Аналогічно першій ділянці розраховуємо 2-6 і всі отримані результати розрахунків заносимо до таблиці 2.3.

2.4 Розрахунок газоочисного апарату

Як газоочисний апарат вибрали рукавний фільтр з імпульсною продуванням типу ФРІР.

Розрахуємо фільтр (рукави виконані з тканини голкопробивний фетр поліефірні волокна) призначений для очищення газів феросплавної РТП, що надходять під зонти, прийнявши такі дані.

Таблиця 2.3 – Аеродинамічний розрахунок

№	Найменування ділянки	Q, м ³ /с	ρ, кг/м ³	D, М	W, м/с	L, м	Місцеві опори, ξ	ΔP _м , Па	ΔP _л , Па	ΣΔP, Па
	Розрядження зонти льотки печі									200
1	Зонт льотки РТП – трійник (злиття потоків)	22,31	0,96	1,4	14,457	17	Засувка (h/d=0,6) ξ =0,98 Коліно 90° ξ =0,39	385,581	19,439	405,02
2	Трійник зонти печі – трійник (злиття потоків)	63,88	0,98	2,6	15,715	20	Засувка (h/d=0,7) ξ =0,44 Коліно 90° (3шт) ξ =1,17 Злиття у трійнику ξ =0,59	267,419	12,7	280,119
3	Трійник (злиття потоків) – рукавний фільтр	127,77	1,01	3,6	16	22	Коліно 90° (2шт) ξ =0,78 Дифузор ξ =1,76 Злиття у трійнику (60°) ξ =0,18 Засувка (h/d=0,8) ξ =0,44	609,494	8,367	617,861
4	Рукавний фільтр						—			1800
5	Рукавний фільтр - димосос	127,77	1,10	3,6	16,503	14	Засувка (h/d=0,8) ξ =0,17 Конфузор ξ =0,87 Коліно 90° ξ =0,39 Коліно 60° ξ =0,78	221,101	11,836	228,051
6	Димосос – димова труба	127,77	1,11	3,6	16,58	7,5	Засувка (h/d=0,8) ξ =0,44 Вхід ξ =0,7	187,36	9,675	192,28
									Всього	3723,331

Вихідні дані:

Об'ємна витрата газу за н. у., W_0	460000 м ³ /год;
Температура газу перед рукавним фільтром, t_r	80° С;
Барометричний тиск, $P_{бар}$	101,3 кПа;
Розрідження перед фільтром, P_r	1,3 кПа;
Динамічна в'язкість газу за н. у., μ_0	17,3 · 10 ⁻⁶ Па·с;
Концентрація пилу в газі перед фільтром, z_1	1,2 г/м ³ ;
Медіанний діаметр частинок пилу, d_m	1,2 мкм;
Щільність частинок пилу, ρ_p	3440 кг/м ³ ;
Пористість тканини, ε_r	0,9.

Визначаємо густину газу за нормальних фізичних умов (НФУ). Склад газу за даними підприємства представлений у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Склад газу

Компонент	Повітря	СО	СО ₂	О ₂	Н ₂	SO ₂	NO ₂
Об'ємний вміст, % об.	78,77446	0,03619	1,235	19,95	0,00275	0,00095	0,00065
Щільність газу за НФУ, кг/м ³	1,293	1,250	1,963	1,429	0,09	2,927	1,491

$$\rho_{oz} = \frac{1}{100} \sum a_i \cdot \rho_{oi}, \quad (2.10)$$

де a_i – вміст і-того компонента в об'ємних відсотках;

ρ_{oi} – щільність і-того компонента при НФУ, кг/м³.

$$\rho_{oz} = \frac{78,77446 \cdot 1,293 + 0,03619 \cdot 1,250 + 1,235 \cdot 1,963 + 0,00275 \cdot 0,804 + 19,95 \cdot 1,429}{100} + \frac{0,00275 \cdot 0,09 + 0,00095 \cdot 2,927 + 0,00065 \cdot 1,491}{100} = \frac{132,9}{100} = 1,329 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Визначаємо середній медіанний діаметр частинок пилу d_m , мкм.

Для цього за даними дисперсного складу пилу, наведеним у загальній частині, будемо функції розподілу маса матеріалу за діаметрами частинок. Функція $D(d)$ (від німецького терміна (Durchgang – прохід) дорівнює вираженому у відсотках відношенню маси всіх частинок, діаметр яких менше d , у загальній масі пилоподібного матеріалу. Функція $R(d)$ (від німецького терміна Ruckstand – залишок) визначається як виражене у відсотках відношення маси всіх частинок, діаметр яких більший за d , до загальної маси матеріалу:

$$\begin{aligned} D+R &= 100\%; & D(d_{\min}) &= 0; & D(d_{\max}) &= 100\%; \\ R(d_{\min}) &= 100\%; & R(d_{\max}) &= 0, \end{aligned}$$

де d_{\min} , d_{\max} – найменший та найбільший діаметри частинок, що зустрічаються в даному матеріалі.

У координатній сітці, що відповідає розподілу за виправленою формулою Ромашова, відкладаємо значення функції розподілу (рис. 2.5) [12].

При $D=R=50\%$ $d_m=1,2$ мкм.

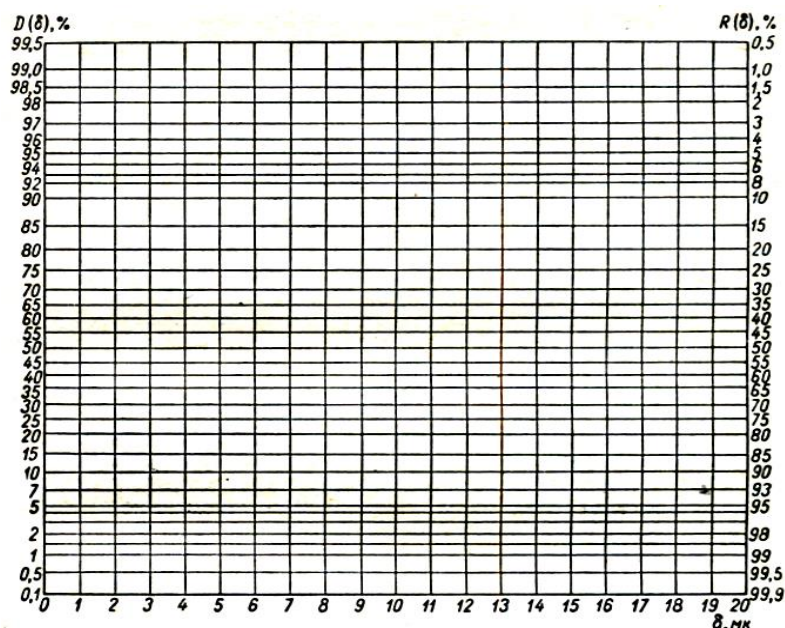


Рисунок 2.5 – Розподіл за виправленою формулою Ромашова

Пористість пилу розраховуємо за формулою:

$$\varepsilon_m = 1 - 79 \cdot d_m^{0,47} \quad (2.11)$$

де ε_m - пористість пилу;

d_m - середній медіанний діаметр частинок пилу, мкм.

$$\varepsilon_m = 1 - 79(1,2 \cdot 10^{-6})^{0,47} = 0,87.$$

Об'ємна витрата газу, що надходить на очищення в рукавний фільтр за робочих умов дорівнює, м³/с:

$$Q_p = Q_{0z} \cdot \frac{(273 + t_r)}{273} \cdot \frac{101,3}{(p_{\text{бар}} - p_r)} \quad (2.12)$$

$$Q_p = 127,778 \cdot \frac{(273 + 80)}{273} \cdot \frac{101,3}{(101,3 - 1,303)} = 167,375 \text{ м}^3/\text{с}$$

Щільність газу за робочих умов дорівнює, кг/м³:

$$\rho_r = \rho_{or} \frac{273}{(273 + t_r)} \cdot \frac{(p_{\text{бар}} - p_r)}{101,3} \quad (2.13)$$

$$\rho_r = 1,32 \cdot \frac{273}{(273 + 80)} \cdot \frac{(101,3 - 1,303)}{101,3} = 1,015 \text{ кг}/\text{м}^3.$$

Для прийнятих до встановлення рукавних фільтрів типу ФРІР питома газова навантаження (рівна швидкості фільтрації) W_ϕ становить 0,7...1,8 м³/м²·хв [7].

Приймаємо $W_\phi = 1,8 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{хв}$. Тоді потрібна площа фільтрації F_a дорівнює:

$$F_a = \frac{Q_p}{W_\phi} = \frac{167,375 * 60}{1,8} = 5579,167 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до встановлення рукавний фільтр ФРІР-5700 з площею фільтрації 5925,1 м² [7].

Витрата стисненого повітря для регенерації становить трохи більше 350 нм³/год. Тиск стиснутого повітря щонайменше 0,5 МПа. Витрата стисненого повітря за робочих умов становить:

$$Q_{p.сж.} = Q_{o.сж.} \cdot \frac{(273+t)}{273} \cdot \frac{101,3}{(p_{бар} + p_{сж})} \quad (2.14)$$

$$Q_{p.сж.} = 350 \cdot \frac{(273+25)}{273} \cdot \frac{101,3}{(101,3+500)} = 64,364 \text{ м}^3/\text{ч} = 1,073 \text{ м}^3/\text{хв}.$$

Визначаємо фактичну швидкість фільтрації у рукавному фільтрі:

$$W'_\phi = \frac{Q_p + Q_{p.сж.}}{F'_a}, \quad (2.15)$$

де F'_a фактична площа фільтрації, м².

$$W'_\phi = \frac{167,375 * 60 + 1,073}{5925,1} = 1,695 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{хв} = 0,028 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Динамічну в'язкість окремих компонентів, що входять до складу газу, що відбирається від РТП за робочих умов, визначаємо за формулою, Па·с:

$$\eta_i = \eta_{oi} \left(\frac{273 + C_i}{273 + t_r + C_i} \right) \cdot \left(\frac{273 + t_r}{273} \right)^{1,5}, \quad (2.16)$$

де C_i – коефіцієнт Сезерленду, що приймається за [7];

η_{oi} – динамічна в'язкість для окремих компонентів газової суміші при НФУ, Па·с [7].

$$\begin{aligned}\eta_{CO_2} &= 13,7 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 254}{273 + 80 + 254} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 17,49 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{CO} &= 16,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 100}{273 + 80 + 100} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 20,1 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{O_2} &= 20,3 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 131}{273 + 80 + 131} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 24,91 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{H_2} &= 8,42 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 73}{273 + 80 + 73} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 10,06 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{SO_2} &= 11,6 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 306}{273 + 80 + 306} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 14,99 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{NO_2} &= 12,2 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 305}{273 + 80 + 305} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 15,76 \cdot 10^{-6}, \\ \eta_{\text{в оз}} &= 17,3 \cdot 10^{-6} \left(\frac{273 + 124}{273 + 80 + 124} \right) \cdot \left(\frac{273 + 80}{273} \right)^{1,5} = 17,3 \cdot 10^{-6}.\end{aligned}$$

Молярна маса газової суміші дорівнює:

$$M = \frac{1}{100} \sum a_i \cdot M_i, \quad (2.17)$$

де M_i – молярна маса окремих компонентів газової суміші;

a_i – об'ємний вміст окремих компонентів газової суміші, %.

$$M = \frac{1}{100} (28 \cdot 0,03619 + 44 \cdot 1,235 + 21 \cdot 19,95 + 2 \cdot 0,00275 + 64 \cdot 0,00095 + 46 \cdot 0,00065 + 29 \cdot 78,77446) = 27,589 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}.$$

Динамічну в'язкість газової суміші визначаємо за виразом:

$$\frac{M}{\eta} = \sum \frac{a_i \cdot M_i}{\eta_i}. \quad (2.18)$$

$$\frac{M}{\eta} = \left(\frac{28 \cdot 0,03619}{20,1} + \frac{44 \cdot 1,235}{17,49} + \frac{21 \cdot 19,95}{24,91} + \frac{2 \cdot 0,00275}{10,06} + \frac{64 \cdot 0,00095}{14,99} + \frac{46 \cdot 0,00065}{15,76} + \frac{29 \cdot 78,77446}{17,3} \right) \cdot 10^6 = 1520320$$

Звідси:

$$\eta = \frac{M}{M \cdot \eta} \quad (2.19)$$

$$\eta = \frac{27,589}{1520320} = 0,0000181468 \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Визначаємо коефіцієнти фільтрації А та В:

$$A = 0,475 \frac{(1 - \varepsilon_n)^2}{(\varepsilon_m)^{3,24} \cdot \varepsilon_n^3 \cdot d_m^{1,77}} \quad (2.20)$$

$$A = 0,475 \cdot \frac{(1 - 0,87)^2}{(0,9)^{3,24} \cdot (0,87)^3 \cdot (1,2 \cdot 10^{-6})^{1,77}} = 517757048,988.$$

$$B = \frac{817 \cdot (1 - \varepsilon_n)}{(d_m)^2 \cdot \varepsilon_n^3 \cdot \rho_n} \quad (2.21)$$

$$B = \frac{817 \cdot (1 - 0,87)}{(1,2 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (0,87)^3 \cdot 3440} = 32560173943.$$

Визначаємо гідравлічний опір тканини, Па:

$$\Delta P_1 = A \cdot W'_\phi \cdot \eta \quad (2.22)$$

$$\Delta P_1 = A \cdot W'_\phi \cdot \eta = 517757048,988 \cdot \frac{1,695}{60} \times 0,00001811468 = 263,078.$$

Гідравлічний опір фільтра ФРІР-5700 не більше 2000 Па [6]. Тоді час міжрегенераційного періоду дорівнює:

$$t_p = \frac{\Delta P / (W'_\phi \cdot \eta) - A}{B \cdot W'_\phi \cdot Z_1}, \quad (2.23)$$

де ΔP – опір фільтра ФРІР-5700, прийнятий рівним 1,8 кПа.

$$t_p = \frac{1800 / \left(\frac{1,695}{60} \cdot 0,00001811468 \right) - 517757048,988}{32560173943 \cdot \frac{1,695}{60} \cdot 0,00017} = 19516,3802 \text{ с.}$$

$$t_p = 5,421200 \text{ д.}$$

Маса пилу, що затримується 1 м² площі поверхні, що фільтрує, кг:

$$M_1 = Z_1 \cdot W'_\phi \cdot t_p \quad (2.24)$$

$$M_1 = 1,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,028 \cdot 19516,3802 = 0,0929 \text{ кг.}$$

Гідравлічний опір шару пилу дорівнює, Па:

$$\Delta P_2 = B \cdot M_1 \cdot W'_\phi \cdot \eta \quad (2.25)$$

$$\Delta P_2 = 32560173943 \cdot 0,0929 \cdot 0,028 \cdot 0,00001811468 = 1536,9220.$$

Сумарний опір тканини та шару пилу дорівнює, Па:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 \quad (2.26)$$

$$\Delta P = 263,078 + 1536,9220 = 1800.$$

Запиленість газу на виході з апарата Z_2 при прийнятому в рукавному фільтрі ступені очищення η (не менше 99 %) становить не більше, г/м³:

$$Z_2 = Z_1 \times (1 - \eta) \quad (2.27)$$

$$Z_2 = 1,2 \times (1 - 0,995) = 0,012.$$

2.5 Вибір димотягу

Димотяг вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку газовіддільного тракту. Продуктивність димососу Q_d приймаємо із запасом 10% [7] незалежно від температури газів, але з поправкою на барометричний тиск $p_{бар} = 101,3$ кПа:

$$Q_o = 1,1 \times Q_p \times \frac{101,3}{P_{бар}} \quad (2.28)$$

На сьомій розрахунковій ділянці, де встановлюємо димосос, $Q_p = 168,87$ м³/с = 607929,7205 м³/год за робочих умов.

$$Q_o = 1,1 \times 607929,7205 \times \frac{101,3}{101,3} = 668722,6925 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Тиск (розрідження), що створюється димососом, приведений до умов каталогу, за яким вибирається димосос $\Delta P_{кат}$, приймається рівним:

$$\Delta P_{кат} = 1,2 \times \Delta P_p \times K, \quad (2.29)$$

де 1,2 – коефіцієнт запасу;

ΔP_p – сумарний опір газовіддільного тракту, отриманий внаслідок аеродинамічного розрахунку, 3723,331 Па;

K – коефіцієнт перерахунку.

$$K = \frac{(273 + t_2) \cdot 101,3 \cdot \rho_{ог}}{(273 + t_{кат}) \cdot p_{бар} \cdot \rho_{ов}} \quad (2.30)$$

Газ близький за складом із повітрям, тому $\rho_{ог} = \rho_{ов}$, $t_{кат} = 30^\circ\text{C}$ [7].

Середня температура газу на четвертій розрахунковій ділянці $\bar{t}_2 = 76,75^\circ\text{C}$.

$$K = \frac{(273 + 76,75) \cdot 101,3 \cdot 0,97}{(273 + 30) \cdot 101,3 \cdot 1,293} = 0,87$$

$$\Delta p_{кат} = 1,2 \cdot 3723,331 \cdot 0,87 = 3887,029 \text{ Па.}$$

Приймаю вентилятор ВДН – 25 - 2, з ККД=0,77 та електродвигун типу ДАЗО4 – 400ХК – 4МУ1 [7].

Характеристика вентилятора:

Об'ємна витрата, м³/год 610000

Опір, Па 4512,6

Характеристика електродвигуна:

Потужність, кВт 1265

Частота обертання, об/хв 980

Маса без двигуна, кг 26900

$$N = \frac{Q_{кат} \cdot p_{кат} \cdot 10^{-3}}{\eta_{кат} \cdot K} = \frac{610000 \cdot 3887,029 \cdot 10^{-3}}{3600 \cdot 0,77 \cdot 0,87} = 744 \text{ кВт.}$$

Димотяг комплектується двигуном АДО-1000-8У1. Потужність електродвигуна 1000 кВт. Напруга в мережі 6000 В.

2.6 Утилізація пилу

Відділення обгорткування пилу призначене для переробки пилу в суміші з коксовою дрібницею в котуни і повернення їх у феросплавне виробництво з

бункерів газоочисток печей. Конструкційними особливостями відділення обгорткування пилу є наявність вузла вакуумної системи пилотранспорту та відділення виробництва котунів.

Система пилотранспорту відділення окомкування складається з двох незалежних вузлів вакуумної системи (ВВС) №1 і №2. призначається для транспортування пилу від газоочищення рудотермічної печі та інших аспіраційних установок за допомогою автопилевозу. Транспортування пилу здійснюється за допомогою водокільцевих вакуумних насосів. Проєктом передбачено встановлення трьох насосів, з яких один – резервний. Він за допомогою запірної арматури може підключатися до ВВС №1 або до ВВС №2 за потребою.

Через вакуумнасос у системі створюється розрідження і внаслідок цього атмосферне повітря втягується в регульовану насадку Ду 125. Захоплює пил і транспортує його трубопроводом Ду 150. Пройшовши трубопровід, пил потрапляє в осадову камеру і там, в основному, осаджується. Повітря, очищене в камері осадження від порівняно великих частинок, проходить через два імпульсних рукавних фільтра ФРІ-15, очищається від дрібних частинок, що залишилися, і через нагнітальний патрубок вакуум насоса викидається в атмосферу. При включеній вакуумній лінії має бути включена система регенерації фільтрів ФРІ-15.

Осілий пил, в осаджувальній камері, і в бункерах фільтрів ФРІ-15 вивантажується через шлюзові живильники в бункер прийому пилу відділення окомкування, при включеній вакуумній системі та імпульсної регенерації фільтрів ФРІ-15.

При транспортуванні пилу в ВВС від газоочисток печей цехів № 2, 3, печей № 6-8 цеху та інших аспіраційних установок заводу за допомогою автопилевоза гнучкий гофрований шланг пилевозу приєднується до трубопроводу вивантаження пилу Ду100, який з'єднаний з камерою осадження. Відкривається верхня кришка бункера пилевозу. Закривається

заслінка пилопроводу від бункера накопичувача пилу газоочищення печей № 1-5 (тільки для ВВС №1). Включається ВВН -1-25-01-01 та гвинтовий шнек у бункері автопиловоза. При цьому привід шнека включається до наступної послідовності: приєднується шнур заземлення; включення роз'ємної вилки в розетку; увімкнення силового автомата; пуск двигуна за допомогою ключ-бирки та кнопки.

Пил за рахунок розрідження в системі через відповідні крани і дроселя надходить в осадову камеру. Повітря з цієї камери, пройде очищення в циклоні та фільтрах ФРІ-15, виштовхується насосом ВВН 25 в атмосферу.

Після вивантаження пилу з пиловозу, вимикається насос ВВН 25 і відключається привід шнека пиловозу в послідовності зворотного включення. Вивантаження пилу з осаджувальної камери та фільтрів ФРІ-15 в бункер прийому пилу відділення оздоблення проводиться за допомогою шлюзових живильників.

Опис технологічної схеми відділення оком кування. Технологічна схема відділення окомкування складається з кількох технологічних ліній: транспорту пилу №1 та №2 (вузол вакуумної системи пилотранспорту, ВВС №1 та ВВС №2, транспорту коксової дрібниці, виробництва котунів №1 й №2; транспорту готових котунів.

Технологічні лінії виробництва котунів працюють самостійно. Технологічні лінії транспорту коксової дрібниці та готових котунів забезпечують роботу однієї або двох ліній виробництва котунів.

Відділення обгорткування пилу складається з наступних вузлів та механізмів: бункер прийому пилу, гвинтовий конвеєр, живильник шлюзовий, скребковий транспортер, стрічковий конвеєр, стрічковий ковшовий елеватор Н-22М, стрічковий живильник, бак із водою, пристрій примусової аспірації, вібраційний гуркіт, робочий бункер коксової дрібниці, бункер-накопичувач коксової дрібниці, бункер-накопичувач котунів, системи трубопроводів коксової дрібниці, пилу, котунів, бункер, шиберний затвор, гранулятор тарілчастий.

Пил з бункера прийому пилу відділення окомкування вивантажується за допомогою гвинтового конвеєра до живильника і надходить на скребковий транспортер. Одночасно на нього подається коксова дрібниця. Коксова дрібниця транспортується стрічковим конвеєром у бункер-накопичувач коксової дрібниці із шихтового відділення цеху. З бункера-накопичувача через шиберний затвор вона потрапляє на стрічковий живильник, потім стрічковим конвеєром перевантажується в стрічковий ковшовий елеватор і далі другий бункер коксової дрібниці. Вивантаження коксової дрібниці з другого бункера здійснюється через шиберний затвор на стрічковий живильник, після чого вона по тічці зсипається на скребковий транспортер. Просип подається окремою трубою на скребковий транспортер. Скребковий транспортер призначений для перемішування пилу від газоочищення феросплавних печей з коксовою дрібницею. Отримана суміш із змішувача надходить у тарілчастий гранулятор 03000 мм. Гранулятор є похилою чашею, що обертається навколо осі. Для перемішування пилу та виключення налипання його на днище та бічну стінку, у чаші встановлені три нерухомі очисні ножі.

При виготовленні котунів, для змочування матеріалу, в гранулятори подається вода. Розмір котунів регулюється вибором кута нахилу окомковувача і швидкості його обертання. Ці параметри відпрацьовуються у процесі роботи. При надходженні суміші в гранулятор і в процесі виробництва котунів відбувається значне пиління, тому від гранулятора передбачена примусова аспірація.

Отримані котуни по трубою потрапляють на стрічковий транспортер, пройшовши який ссипаються в стрічковий ковшовий елеватор. Звідти по течці пересипаються на вібраційний гуркіт. Після гуркотіння утворюється дві фракції котунів. Одна є готовою продукцією і транспортується стрічковим конвеєром до бункера для окатишів з подальшим вивезенням їх вагонами для подальшого використання під час

виробництва феросплавів. Друга фракція – просип, що транспортується стрічковим конвеєром на скребковий транспортер, що складається з бункера, самовивантажувального контейнера і стрічкового живильника і призначений для подачі пилу, що містить марганець, від аспіраційних установок заводу. Бак з водою призначений для подачі води в гранулятор (у разі відсутності води у трубопроводі під час аварії, або ППР лінії технічної води).

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕНА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика ступеня безпеки ферросплавного процесу, рівня його механізації та автоматизації

Феросплавний цех є складним виробничим комплексом, оснащеним різноманітним механічним, електричним та підйомно-транспортним обладнанням. Виплавка феросиліцію ведеться в руднотермічних печах (РТП) закритого та відкритого типу – агрегатах великої теплової потужності.

Організація технологічних процесів дроблення, розсіву, змішування, плавки має здійснюватися з дотриманням вимог «Правил безпеки у феросплавному виробництві». Тверді компоненти шихти подаються у думпкарах і зберігаються у шихтовому відділенні цеху. При використанні рідких шлаків останні поставляються автоковшевозом або спеціальним залізничним транспортом за погодженим графіком з дотриманням вимог інструкції «Автомобільне транспортування рідких розплавів».

Дозування і транспортування вапна, твердого шлаку проводиться механічно в металевих, з днищем цебрах, що відпускається. Зважування рідкого шлаку здійснюється на розливальних кранах з ваговимірювальними пристроями, похибка яких не повинна перевищувати $\pm 0,5\%$. Дозована шихта подається в ціле краном в завантажувальні бункери. Завантаження шихти в піч провадиться за допомогою завантажувальних лотків.

Регулювання електричного режиму ведення плавок автоматичне. Контроль електричного режиму печі здійснюється засобами АСУ «Майстер».

Водоохолоджені елементи РТП є джерелом вибухонебезпечності. При несправності герметичність їх порушується, і вода потрапляє в робочий простір печі; під дією високої температури під час розкладання води можливий вибух. Водоохолоджені елементи печі піддають гідравлічному випробуванню, що перевищує робочий тиск води, що охолоджує, в 2 рази.

Водне охолодження робочих вузлів печей автоматизоване, а контроль над охолодженням покладається на старшого плавця.

Рівень механізації та автоматизації робіт у цеху є досить високим, але для подальшого поліпшення умов праці необхідно продовжувати впроваджувати нові машини та обладнання.

При виплавці феросплавів у руднотермічній печі при високих температурах відбуваються складні фізико-хімічні перетворення в результаті плавлення шихти, взаємодії металу та шлаку, газів, вогнетривкої футеровки робочого простору печі. Порушення параметрів безпеки процесу по ходу плавки мають різноманітний характер і розрізняються за періодами плавки. Для попередження відхилень процесу необхідно суворо дотримуватись технологічної дисципліни та виконувати вимоги безпеки.

3.2 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих факторів ферросплавного процесу

Основними шкідливими факторами в цеху є тепло-, газо-, пиловиділення, а також шуми та вібрація. Окремі роботи пов'язані із фізичними навантаженнями. Найбільша кількість тепла виділяється при виплавці та розливанні феросиліцію та шлаку, менше тепловиділень при сушінні ковшів, пропалі льотки, затвердінні злитків.

Джерелом інтенсивних тепловиділень є колошник відкритої РТП. Маючи температуру від 400°C (на периферії) до 700 ... 800 °C (в центрі між електродами) він завдяки випромінюванню тепла створюється несприятливі умови праці, особливо в літній час. Інтенсивність опромінення на робочих місцях у колошника в залежності від його стану та відстані до нього коливається в широких межах іноді до 7000 Вт/м². При виконанні робіт в екстремальних умовах (наприклад, ручне осідання колошника) інтенсивність опромінення становить 8833 Вт/м² і вище.

Другим за значимістю, але найбільш шкідливим фактором у виробництві феросиліцію є виділення пилу та газу, основним джерелом яких є РТП. Кількість газів, що виділяються з колошника печі, їх склад, температура і запиленість залежать від фізико-хімічних властивостей використовуваних шихтових матеріалів і феросиліцію, що виплавляється.

При неповному окисленні у повітрі робочої зони може бути оксид вуглецю (II). Значна кількість оксиду вуглецю (II) міститься в газах, що відбираються від зводу закритої РТП.

Оксид вуглецю надходить у організм через дихальні шляхи. В результаті здатність крові переносити кисень до тканин різко знижується. При отруєнні оксидом вуглецю можуть з'явитися: биття та відчуття тиску у скронях, запаморочення, головний біль, сором у грудях, слабкість, позиви до блювання.

Також шкідливими чинниками, які впливають умови праці робітників є шум, вібрація, висока інтенсивність світіння електричних дуг і нагрітого матеріалу (яскравість).

Джерелами шуму є корпус готової продукції (дробилка готового продукту), вузол переробки шлаку (валкова дробарка), крани, електричні дуги, вентилятори та ін. знижується гострота слуху, погіршується зір, послаблюється увага тощо. буд. Це призводить до зростання промислового травматизму).

Вібрації, переважно середньо і низькочастотні, спостерігаються в кабінах кранівників. Поширеними є локальні вібрації з рівнем 90 дБ, за допустимого рівня 92 дБ. Ці вібрації викликають спазми судин, порушення фізіологічних функцій організму, болі та відкладення солей у суглобах.

При обробці колошника і льотки можлива сліпуча дія променів видимого спектру, що поєднується з інфрачервоним, а іноді з ультрафіолетовим випромінюванням.

У технологічних процесах цеху основними потенційними небезпеками

є ураження електричним струмом, машини, що рухаються, і механізми. Джерелами прихованої небезпеки впливу електричного струму є електроустановки. Робота електротермічного обладнання створює небезпеку теплового ураження персоналу.

Дані оцінки факторів виробничого процесу на робочому місці плавильника в цеху представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Оцінка факторів виробничого середовища та трудового процесу у феросплавному цеху, професія – плавильник

№	Фактори виробничого середовища та виробничого процесу	Нормативне значення	Фактична величина	3 клас – шкідливі та небезпечні умови та характер			
				1 ступінь	2 ступінь	3 ступінь	Час дії, %
1	ШКІДЛИВІ ХІМІЧНІ РЕЧОВИНИ, мг/м куб:						
	1 клас небезпеки						
	Ангідрид хромовий	0,01	0,007				
	Марганцю оксиди	0,05	0,04				
	2 клас небезпеки						
	Азот діоксид	2	2,13	1,065			92,7
	Фенол	0,3	0,24				
	3 клас небезпеки						
	Ангідрид сірчистий	10	5,98				
	Вуглецю оксид	20	18,8				
	Сірководень	10	6,62				
2	ПИЛ ФІБРОГЕННОЇ ДІЇ, мг/м куб.	4	15		3,75		92,7
3	ШУМ, дБА	80	85	5			100
4	ВІБРАЦІЯ, Дб						
5	МІКРОКЛІМАТ У ПРИМІЩЕННІ						
	Температура, °С	26	35-40			14	92,7
	Швидкість руху повітря, м /с	0,3	0,3				
	Відносна вологість повітря, %	55	42				
	Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ²	140	1200		1200		92,7
6	ТЯЖКІСТЬ ПРАЦІ	важка 2 б					
7	НАПРУЖЕНІСТЬ	Напружена					

Робоче місце має в наявності: 2 фактори 1 ступеня, 2 фактори 2 ступеня, 1 фактор 3 ступеня. За показниками робоче місце слід рахувати з особливо шкідливими та особливо важкими умовами праці.

3.3 Технічне рішення з виробничої санітарії

Будівля цеху відповідно до чинних норм та правил має прямокутну форму та розміри, які забезпечують сприятливі санітарно-гігієнічні та безпечні умови праці. Виробництво відноситься до I класу, якому відповідає санітарно-захисна зона 1000 м. У цеху обсяг виробничого приміщення становить щонайменше 15 м³, площа – щонайменше 4,5 м².

Висоту поверхів у багатоповерхових прольотах корпусів та позначки основних робочих майданчиків слід вибирати відповідно до основних положень щодо уніфікації та габаритних схем, але не менше 3,6 м.

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла у феросплавному цеху (за рахунок працюючих цілодобово РТП) потрібен значний повітрообмін, особливо влітку.

Для переміщення забрудненого повітря з приміщення та свіжого – у приміщення використовується природна вентиляція (аерація).

Природний повітрообмін у виробничому приміщенні відбувається під впливом двох фронтів: різниці температур, що створює тепловий тиск, та дії вітру, що створює вітровий тиск (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Значення прийнятих допустимих параметрів повітряного середовища у робочій зоні феросплавного цеху

Характеристика виробничого приміщення по надлишковим тепловиділенням плавильника	Категорія роботи з тяжкості	На постійних робочих місцях			Поза постійними робочими місцями
		Температура повітря, °С	відносна вологість повітря, %	швидкість руху повітря, м/с	Температура повітря, °С
Теплий період року	середньої тяжкості 2б	16-27	70	0,2-0,5	15-29
Холодний період року		17-21	75	0,2	13-23

Для цього у феросплавному цеху влаштовані отвори у зовнішніх стінах. Низ прорізів у теплий період року розташовують на висоті 1,5 м від підлоги. У перехідний та холодний періоди року на висоті близько 8 м від підлоги. При цьому отвори обладнані як козирками, так і іншими конструктивними елементами, здатними відхиляти повітря припливу вгору.

Для видалення повітря з приміщення, що аерується, влаштовують аераційні ліхтарі або шахти різних конструкцій. Над колошником відкритої та закритої РТП, льотками печей встановлені парасольки. Відбір газу здійснюється також від камери ковшів феросиліція. Приміщення пульта управління РТП обладнають механічною вентиляцією припливу.

За типом освітлення прийнято ділити на природне, штучне та змішане. Природне освітлення – найбільш благотворно діє на людину, не потребує витрат енергії, проте воно змінне протягом доби, залежить від сезонних та кліматичних умов.

Природне освітлення у виробничих або споруджуваних будинках можуть бути бічними, верхнім або комбінованим. Верхнє освітлення створюють розміщенням світлових ліхтарів у даху будівлі.

Виконувані роботи з зорової характеристики відносяться до VII розряду (робота з матеріалами, що світяться і з виробами в гарячих цехах). Коефіцієнт природного освітлення КЕО при верхньому та комбінованому освітленні дорівнює 2,7%. Нормоване значення КЕО визначаємо за формулою:

$$e_n = e \cdot m \cdot c,$$

де e – значення КЕО (%), що визначається з урахуванням характеру зорової роботи;

m – коефіцієнт світлового клімату Для IV пояса $m = 0,9$;

c – коефіцієнт сонячності клімату. $c = 0,85$.

$$e_n = 2,7 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 2,1.$$

Штучне освітлення призначене для освітлення робочих поверхонь у темний час доби або недостатності природного освітлення. У пічному прольоті цеху застосовують лампи розжарювання, так як для робіт, що виконуються там, норма освітленості менше 50 лк, і не пред'являються підвищені вимоги до правильної відмінності кольорів поверхонь. Використовується світильник «Глибоковипромінювач» середнього світлорозподілу Гс, з відкритим виконанням та прямим глибоким світлорозподілом, що доцільно в основних металургійних цехах. Потужність світильників Гс 1000 Вт.

Також у цеху є аварійне освітлення, що забезпечує освітленість робочих місць не менше 5% нормативного для робочого освітлення та не менше 2 лк усередині будівлі.

Для постійного спостереження за перебігом виробничого процесу загальне освітлення має становити не менше 75 лк для люмінесцентних ламп та 30 лк для ламп розжарювання [8].

Зона дії електромостового крана також освітлюється світильниками підвішеними під мостом крана. Мінімальне освітлення має бути 30 лк.

До санітарно-побутових приміщень феросплавного цеху відносять ті приміщення, які призначені для задоволення санітарних та побутових потреб трудящих під час їх перебування на роботі.

Вони поділяються на такі приміщення: для прийому їжі, вбиральні, душові, вбиральні, умивальні, курильні, пральні та кімнати особистої гігієни. У феросплавних цехах обов'язково передбачено місця відпочинку на робочих місцях та майданчиках. Їх встановлюють у вигляді альтанок або кабін для відпочинку, в яких знаходяться лави зі спинками. Крім того, в ці кабінки подають охолоджене або кондиціоноване повітря, а також обов'язково питну або газовану підсолону воду. Відстань від робочих місць до питних установок має бути не більше 75 м.

Для боротьби з виробничим шумом, загальною та локальною вібрацією

застосовують інженерно-технічні та медичні профілактичні заходи. Для захисту від шуму застосовують обшивку та футерування апаратів спеціальними кожухами із звукопоглинаючих матеріалів. Для зменшення вібрації підлоги та стін у приміщеннях влаштовують спеціальні, не пов'язані з фундаментом стін, фундаменти для машин та інших віброуючих установок. Передбачені такі методи боротьби з вібрацією, як правильне балансування механізмів, використання амортизаторів. Також застосовують індивідуальні засоби захисту, які дозволяють знизити рівень звуку, що сприймається, на 7...38 дБ. Це протишумні навушники, вкладиші, шоломи та каски. На постах управління використовуються звукопоглинаючі та звуковідбивні екрани [9].

Для захисту від теплових випромінювань та створення необхідних умов праці в цеху передбачено теплову ізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло; прискорене проведення операцій, пов'язаних із відкриттям льотки, випуском феросиліцію та шлаку; теплова ізоляція та охолодження робочих місць (кабін машиністів, пультів управління); екранування робочих місць; природна та механічна вентиляція; організації на деяких робочих місцях місцевої вентиляції припливу у вигляді повітряного душування, забезпечення необхідної кратності повітрообміну; спецодяг.

3.4 Заходи з техніки безпеки

Безпека феросплавного технологічного процесу визначається безпекою виробничого обладнання, використовуваних сировини та матеріалів та технологічних операцій. У феросплавному цеху передбачаються такі заходи щодо техніки безпеки: усунення безпосереднього контакту працюючих з вихідними матеріалами, заготовками, готовою продукцією та відходами виробництва, що надають шкідливу дію; заміна технологічних процесів та операцій, пов'язаних з виникненням небезпечних та шкідливих виробничих факторів, процесами та операціями, при яких ці фактори відсутні або мають

меншу інтенсивність; комплексна механізація та автоматизація виробництва, застосування дистанційного управління операціями та технологічними процесами, що супроводжуються небезпечними та шкідливими факторами; герметизація виробничого обладнання; застосування засобів колективного захисту працюючих.

У феросплавному цеху встановлено таке електрообладнання: РТП, пічні трансформатори, апарати управління, завалочні машини, мостові крани, розливні машини карусельного типу, перетворювачі, розподільні щити, амперметри, димотяги, електродвигуни, двигуни та ін. Потужність вентилятора 1265 кВт. Загальна потужність печей цеху 176 МВт, потужність трансформаторів по 23МВт кожен. Для роботи електроустаткування потрібна напруга 380 В. Електричний струм використовується також для освітлення приміщень; необхідну напругу 220 В. Таким чином, феросплавний цех відносять до категорії з підвищеною небезпекою ураження людей електричним струмом.

При нормальному режимі роботи безпечніша трипровідна мережа з ізольованою нейтраллю. При аварійному режимі безпечніша чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю. Мережі з глухозаземленою нейтраллю застосовуються там, де неможливо забезпечити хорошу ізоляцію проводів, оскільки є висока температура і вологість повітря, агресивне середовище, велика довжина мережі. У зв'язку з цим виберемо мережу, необхідну для живлення електрообладнання феросплавного цеху, трифазну чотирипровідну з глухозаземленою нейтраллю, з виконанням захисного заземлення.

Опір заземлювального пристрою, використаного для заземлення електрообладнання в стаціонарних електроустановках до 1000 В мереж із ізольованою нейтраллю, має бути не більше 4 Ом у будь-яку пору року. При потужності генераторів і трансформаторів, що живлять мережу, 100 кВ·А і менше можуть мати опір не більше 10 Ом.

З метою безпеки широко застосовується ізоляція у різних її видах:

ізоляція гарячих поверхонь оберігає робітників від опіків та впливу теплових випромінювань; герметизація приладів освітлення у вибухонебезпечних місцях захищає їхню відмінність від можливих вибухів; блокування; огорожувальні пристрої та ін.

Електроустаткування цеху знаходиться на різних висотах, у зв'язку з наявністю великої кількості струмопровідних металоконструкцій та небезпекою одночасного контакту людини з ними, з високою температурою навколишнього повітря.

Пічні трансформатори, встановлені у будівлі плавильного цеху, розташовані в ізольованих приміщеннях та обладнані системою захисту. Перемикання ступенів напруги, а також керування вимикачами пінних трансформаторів здійснюється дистанційно з пульта керування печі або в режимі автоматичної системи керування технологічним процесом.

Для влаштування контролю електричного режиму печі на робочому майданчику встановлено дублюючі прилади – амперметри. На щитах і пультах управління має бути світлова сигналізація, що вказує на включений та відключений стан електропечі та її складових печей.

На всіх обслуговуючих площах печі встановлено світлову сигналізацію, що попереджає робочий персонал про те, що піч перебуває під напругою. Усі роботи, пов'язані з включенням та відключенням печі, повинні проводитися із застосуванням биркової системи.

Жорсткий пакет короткої мережі, розташованої на висоті не менше 2,5 м від робочої площі, повинен мати огорожі, що виключають можливість випадкового дотику до нього обслуговуючого персоналу. Зверху коротка мережа повинна мати огорожі, що унеможлиблює попадання на неї шихти або будь-яких предметів.

На електропечах здійснюється постійний контроль за цілісністю кожухів (відсутність тріщин, прогарів). Кожух електропечі обов'язково заземлений.

Конструкцією кожуха електрода передбачаються надійне утримання електродної маси та нормальний перепуск електродів. Конструкція РТП, її вузлів та механізмів забезпечує безпеку та зручність обслуговування. Піч забезпечена огорожувальними пристроями (кожухом, шторами, електроізоляцією та ін.), що забезпечують захист обслуговуючого персоналу, навколишніх будівельних конструкцій та обладнання від шкідливого впливу теплових випромінювань, високих температур та електричного струму.

На електродах печей встановлені контактні щоки, які мають бути електрично ізольовані від не струмопровідних частин електроутримувача. Конструкції електроутримувачів ізольовані від механізмів переміщення електродів та металоконструкцій печі. Заземлення механізмів переміщення електродів виконане через опорну раму. Також механізм переміщення електродів ізольований від струмопровідних частин електропечі та має вимикачі, що обмежують верхнє положення електродів.

Для запобігання попаданню працюючих під лінійну напругу при виконанні з нарощування кожухів та завантаження електродної маси на не відключеній печі між фазами повинні бути встановлені ізолюючі перегородки (шторки) заввишки не менше 2 м.

Всі струмопровідні частини електричних машин та апарати управління огорожені, закриті корпусами, щоб уникнути випадкового дотику. Складним електричним обладнанням оснащені електромостові крани плавильного цеху. Електричне обладнання кранів розташоване на великій висоті, на металевих фермах або металевих підставах, що становить особливу небезпеку під час обслуговування. Усі металеві корпуси електроапаратури та електрообладнання крана заземлені [10].

3.5 Пожежна безпека

У феросплавному цеху досить багато джерел виникнення пожежної небезпеки: відкритий колошник РТП, високотемпературний продукт при

виході з льотки печі при розливі, потужне електроустаткування, велике кабельне господарство тощо. Причинами пожеж та вибухів у цеху можуть стати завалка у печі сирих матеріалів, дотик розплавленого металу та шлаку з водою, несправності електромереж та електрообладнання та ін.

З урахуванням характеру технологічних процесів та використовуваних сировинних та інших матеріалів у цеху складено перелік виробництв за категоріями вибухопожежної та пожежної безпеки, наведений у таблиці 3.3.

Виробничі приміщення цеху, залежно від належності до категорії пожежної безпеки, обладнані різними засобами пожежогасіння. Корпус готової продукції обладнано пожежними щитами з інвентарем, ящиками з піском, пожежними кранами зі шлангом та стволом. Камери трансформаторів печей обладнані вуглекислотними вогнегасниками та ящиками з піском. Шихтове відділення електропічного корпусу обладнано пожежними кранами, вогнегасниками та ящиками з піском [11].

Таблиця 3.3 – Перелік виробництв за категоріями вибухопожежної та пожежної безпеки

№ п/п	Найменування відділень, приміщень, ділянок	Категорія виробництв з ОНТП-24-86	Класифікація з ПУЕ
1	Шихтове відділення	В	II-IIIa
2	Корпус готової продукції	Д	
3	Приміщення камер пічних трансформаторів	В	II-IIIa

Для запобігання пожежам, що виникають від коротких замикань, на лініях та відгалуженнях електричних мереж, послідовно включають запобіжники (вставки). При проходженні надмірно великого струму плавкі запобіжники перегорають і тим самим розривають електричний ланцюг, запобігаючи небезпечному в пожежному відношенні нагріванню проводів.

Для запобігання розповсюдженню пожежі дотримуються протипожежні розриви між будинками, установками, передбачаються пристрої автоматичного пожежогасіння, здійснюється систематичний нагляд за дотриманням заходів пожежної безпеки, наявністю та справним станом протипожежного інвентарю та первинних засобів пожежогасіння.

У будівлі забезпечено можливість швидкої безпечної евакуації людей у разі виникнення пожежі. Допустима тривалість евакуації залежить від часу досягнення критичних для людини умов: критичної температури (60°C), зменшення концентрації кисню, втрати видимості через задимлення. Швидкість руху людей за вимушеної евакуації становить від 8 до 16 м/хв. Довжина шляхів евакуації (відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу) в електропічному корпусі (категорія В, II-Па) не перевищує 100 м, що відповідає вимогам пожежної безпеки

3.6 Інженерна розробка захист від шкідливих факторів виробничого середовища

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла у феросплавному цеху (за рахунок працюючих цілодобово РТП) потрібен значний повітрообмін, особливо влітку.

Для переміщення забрудненого повітря з приміщення та свіжого – у приміщення у феросплавному цеху використовується природна вентиляція (аерація).

Виконаємо розрахунок аерації феросплавного цеху. Визначаємо необхідний повітрообмін: G_{np} , G_{yx} :

$$G_{np} = G_{yx}$$

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot Q_{изб}}{c(t_{yx} - t_{np})}, \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{изб}}$ – надлишкові тепловиділення, $8 \cdot 10^5$ Вт;

c – питома теплоємність повітря, 1,0056 кДж/г;

$t_{\text{ух}}$ – температура повітря, що йде через ліхтар, $34,6^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{пр}}$ – температура повітря, що надходить у приміщенні, 20°C ;

$$G_{\text{пр}} = \frac{3,6 \cdot 8 \cdot 10^5}{1(34,6 - 20)} = 197 \cdot 10^3 \text{ кг / год.}$$

Визначаємо умовні тиски на рівні середини припливних та витяжних отворів, приймаючи за рівень відліку позначку підлоги цеху, $p_{\text{пр}}$, $p_{\text{вит}}$:

$$p_{\text{пр}} = -g \cdot h_{\text{пр}} \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ср}}) \quad (3.2)$$

$$p_{\text{вит}} = -g \cdot h_{\text{вит}} \cdot (\rho_{\text{н}} - \rho_{\text{ср}}) \quad (3.3)$$

де g – швидкість вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

$h_{\text{пр}}$ – припливні отвори, 4,12 м;

$h_{\text{вит}}$ – витяжні отвори, 22 м

$\rho_{\text{н}}$ – щільність зовнішнього повітря, $1,205 \text{ кг/м}^3$;

$\rho_{\text{ср}}$ – середня щільність повітря, $1,165 \text{ кг/м}^3$;

$$p_{\text{пр}} = -9,81 \cdot 4,12 \cdot (1,205 - 1,165) = -1,617 \text{ Па.}$$

$$p_{\text{вит}} = -9,81 \cdot 22,0 \cdot (1,205 - 1,165) = -8,632 \text{ Па.}$$

Визначаємо розрахункову різницю тисків між припливними та витяжними отворами, Δp :

$$\Delta p = p_{\text{пр}} - p_{\text{вит}}, \quad (3.4)$$

$$\Delta p = -1,617 - (-8,632) = 7,016 \text{ Па.}$$

Визначаємо втрати тиску в припливних отворах, приймаючи, що на подолання їхнього опору витратимо 20% розрахункової різниці тисків, $\Delta p_{пр}$:

$$\Delta p_{пр} = 0,2 \cdot \Delta p, \quad (3.5)$$

$$\Delta p_{пр} = 0,2 \cdot 7,016 = 1,403 \text{ Па.}$$

Визначаємо тиск у цеху, p_x :

$$p_x = p_{пр} - \Delta p_{пр} \quad (3.6)$$

$$p_x = -1,617 - 1,403 = -1,0199 \text{ Па.}$$

Визначаємо площу вікон нижнього ярусу, що відкриваються, $F_{пр}$:

$$F_{пр} = \frac{G_{пр}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_n |p_{пр} - p_x|}{\xi_{пр}}}} \quad (3.7)$$

де $\xi_{пр}$ – коефіцієнт місцевого опору, 3,2.

$$F_{пр} = \frac{197 \cdot 10^3}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 1,205 \cdot |-1,617 - (-1,0199)|}{3,2}}} = 95,4 \text{ м}^2.$$

Визначаємо площу фрагуг ліхтаря, що відкриваються, $F_{пр}$:

$$F_{вит} = \frac{G_{yx}}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot \rho_{yx} |p_{вит} - p_x|}{\xi_{вит}}}}, \quad (3.8)$$

де $\xi_{вит}$ – коефіцієнт місцевого опору, 3,7.

$$F_{\text{вит}} = \frac{197 \cdot 10^3}{3600 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 3,7 \cdot |-8,632 - (-1,0199)|}{3,7}}} = 51,4 \text{ м}^2.$$

У зв'язку з виділенням у феросплавному цеху значних кількостей тепла, пилу та газів винятково важливе значення для створення сприятливих умов праці має організований повітрообмін. Аерація здійснюється завдяки різниці температур повітря в приміщенні та поза ним, а також впливу вітру. Маса холодного повітря надходить через нижні відкриті отвори в цех, нагріваються та виходять через ліхтар будівлі. Приймаємо витяжний П-подібний ліхтар із вітрозахисними панелями [12].

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМИ СУХОЇ ОЧИСТКИ ВІДХІДНИХ ГАЗІВ ВИРОБНИЦТВА ФЕРОСИЛІЦІУ

Організація управління спрямована на координування діяльності колективу ділянки газоочищення та окремих робітників, внаслідок чого збільшується продуктивність праці та ефективність виробництва.

Виробничий майстер газоочисної установки (ГОУ) є адміністративно-технічним керівником робітників – операторів своєї ділянки (1 особа), підпорядковується начальнику зміни та всі питання, що виникають у процесі виробництва, вирішує самостійно. Майстер ГОУ стежить за забезпеченням безперебійної ефективної роботи пиловловлюючої установки цеху, контролює дотримання технологічних параметрів та процесів, виявляє та усуває причини та порушення, забезпечує повне завантаження та правильне використання обладнання, утримання його у справному стані, а також належний порядок та чистоту на робочих місцях та прилеглої до ділянки території.

Оператор ГОУ спостерігає за перебігом технологічного процесу очищення газів, контролює показання приладів контролю та регулювання процесу.

Ділянка очищення газів феросплавного цеху пов'язана з такими цехами заводу: цех мереж та підстанцій (споживання електроенергії); капітальні та поточні ремонти здійснює ремонтна служба заводу; аналіз роботи газоочисного обладнання проводиться персоналом лабораторії; для перевезення уловлених продуктів залучається цех автомобільного транспорту тощо. Виробничі процеси очисних споруд безпосередньо пов'язані з роботою основної ділянки. Так як феросплавні печі працюють цілодобово, то капітальний ремонт газоочищення поєднують з капітальним ремонтом печей.

У кваліфікаційній роботі проводиться економічне порівняння двох варіантів очищення феросплавних технологічних газів. За базовим варіантом

проводиться сухе очищення феросплавних газів у рукавних фільтрах ФРО-4100. Як спонукачі тяги використовують димотяг типу ДМ - 22/2. Початкова запиленість газів становить $1,2 \text{ г/м}^3$, кінцева запиленість становить $0,144 \text{ г/м}^3$. Ступінь очищення газів від пилу 88,4%.

За проєктним варіантом проводиться сухе очищення феросплавних газів у рукавних фільтрах ФРІР-5700. Як спонукачі тяги використовують вентилятор типу ВДН – 25 ×2. Початкова запиленість газів становить $1,2 \text{ г/м}^3$, кінцева запиленість становить $0,0125 \text{ г/м}^3$. Ефективність очищення газу за такою схемою становить 99,5%. Вловлений пил відбирається в бункер-накопичувач пилу і повертається у виробництво.

Відповідно до графіка поточних оглядів та капітальних ремонтів основного обладнання складено графік проведення оглядів та ремонтів обладнання газоочисної установки, з якого розраховується кількість днів і годин простою обладнання на огляди та для заміни деталей, що вийшли з ладу. Потім розраховується робота устаткування з урахуванням простоїв. Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.1. За базовим та проєктним варіантом простої на поточні та капітальні ремонти становлять 20 днів на рік.

Таблиця 4.1 – Баланс робочого часу газоочисної установки

№ п/ч	Показники	Од. змін.	Варіант	
			Базовий	Проєктний
1	Режим роботи ГОУ		Безперервний	Безперервний
2	Календарний час роботи, $T_{\text{кал}}$	дн	365	365
		год	8760	8760
3	Простий на капітальний та поточний ремонт, $T_{\text{рем}}$	дн	20	20
		год	480	480
4	Ефективний час роботи, $T_{\text{эф}}$	дн	345	345
		год	8280	8280
5	Коефіцієнт використання ГОУ	-	0,945	0,945

Річна виробнича потужність газоочисної установки, м³:

$$P = N \cdot T_{\text{еф}}, \quad (4.1)$$

де N – технічна норма продуктивності основного агрегату очисної установки за одиницю часу, м³/год (н.у.);

$T_{\text{еф}}$ – річний фонд ефективного часу роботи газоочисної установки, год;

базовий $P = 460000 \cdot 8280 = 3808800000 \text{ м}^3.$

проектний $P = 460000 \cdot 8280 = 3808800000 \text{ м}^3.$

Кількість уловленого пилу з очищеного газу, т/рік:

$$Q = \frac{(Z_1 - Z_2) \cdot P}{10^6}, \quad (4.2)$$

де Z_1 і Z_2 – початкова та кінцева запиленість, г/м³;

P – річна виробнича потужність газоочисної установки, м³.

базовий $Q = \frac{(1.2 - 0,144) \cdot 3808800000}{10^6} = 4002,662 \text{ т/рік.}$

проектний $Q = \frac{(1.2 - 0,0125) \cdot 3888000000}{10^6} = 4522,95 \text{ т/рік.}$

Кількість уловленого продукту з урахуванням втрат при утилізації (приймаємо, що 10% уловленого продукту втрачається), т/рік:

$$Q_{\text{ym}} = 0,9 \cdot Q \quad (4.3)$$

де Q – кількість уловленого продукту з очищеного газу, т/рік.

базовий $Q_{ум} = 0,9 \cdot 4002,662 = 3602,396$ т/год.

проектний $Q_{ум} = 0,9 \cdot 4522,95 = 4070,655$ т/год.

Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Виробнича програма газоочисної установки

№ п/п	Показники	Од. вим.	Варіант	
			Базовий	Проектний
1	Річна продуктивність ГОУ, П	м ³ /рік	3 808 800 000	3 808 800 000
2	Технічна норма продуктивності, N	тис. м ³ /рік	460 000	460 000
3	Запиленість: до очищення, Z ₁ після очищення, Z ₂	г/м ³	1,2 0,144	1,2 0,0125
4	Кількість уловленого пилу, Q	т/рік	4002,662	3602,396
5	Кількість утилізованого пилу, Q _{ут}	т/рік	4522,95	4070,655

Розмір необхідних вкладень у основні фонди визначається шляхом прямого розрахунку окремих елементів вкладень. У загальному вигляді капітальні вкладення включають наступні статті витрат: будівництво будівель та споруд; технологічне та енергетичне обладнання; підйомно-транспортне обладнання; системи контролю та автоматики; інші капітальні вкладення [13].

Капітальні вкладення у базовому варіанті приймаємо за заводськими даними. Капітальні вкладення за проектним варіантом приймаємо з урахуванням технічних рішень газоочищення.

Усі дані щодо капітальних вкладень наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Капітальні витрати на очищення газу

Показники	Варіант	
	Базовий	Проектний
Всього капітальних витрат, тис. грн.	123 283,50	99 525,00
Питомі капітальні витрати, грн./1000м ³	32,35	26,20

Основне завдання планування витрат на очищення газів – виявлення та використання резервів зниження витрат.

Річні експлуатаційні витрати на очищення газу визначаються за формулою:

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad (4.4),$$

де $\sum_{i=1}^n C_i$ -сума витрат за статтями калькуляції, грн.

$$\sum_{i=1}^n C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5 + C_6 + C_7,$$

де C_1 – витрати на основні та допоміжні матеріали (вода, шлам, тканина для рукавного фільтра);

C_2 – витрати на електроенергію, що витрачається на виробничі потреби;

C_3 – амортизаційні відрахування від вартості основних фондів;

C_4 – основна та додаткова зарплата виробничих робітників;

C_5 – відрахування на соціальні заходи;

C_6 – витрати на поточний ремонт та утримання основних фондів;

C_7 – загальновиробничі витрати.

Експлуатаційні витрати на 1000 м³ газу, що очищується, рівні, грн./1000 м³:

$$C_i \times \frac{1000}{P} \quad (4.5)$$

Витрати на основні матеріали, грн:

$$C_1 = m_{уд} \cdot Ц, \quad (4.6)$$

де $m_{уд}$ – питома витрата матеріалів на 1000 м³ газу;

$Ц$ – ціна матеріалів, грн.

Витрати на стиснене повітря за проектним варіантом:

$$C_{сж}^{np} = m_{сж} \cdot T_{эф} \cdot Ц_{сж}, \quad (4.7)$$

де $m_{сж}$ – витрата стисненого повітря, нм³/год;

$Ц_{сж}$ – вартість 1000 м³ стисненого повітря.

Для фільтрів ФРІР-5700 витрата стисненого повітря не більше 350 нм³/год.

Амортизаційні відрахування визначають множенням вартості основних фондів на відповідну норму амортизаційних відрахувань (на рік).

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань для обладнання – 15%, для КВП – 25%, для будівель та споруд – 5 %..

$$A_{\bar{o}} = 0,15 \times C_{осн.об.} + 0,05 \times (C_{зд} + C_{дим.тр.} + C_{мон}) + 0,25 \times C_{квп} \quad (4.8)$$

$$A_{np} = 0,15 \times C_{осн.об.} + 0,05 \times (C_{зд} + C_{дим.тр.} + C_{мон}) + 0,25 \times C_{квп} \quad (4.9)$$

Загальновиробничі витрати становлять 25% від суми амортизаційних відрахувань та відрахувань до ремонтного фонду [14].

Економія від утилізації продуктів, що уловлюються в процесі очищення газів:

$$\Xi_y = Q_{yt} \cdot \Pi, \quad (4.5)$$

де Q_{yt} – кількість утилізованого продукту, т;

Π – відпускна ціна 1 т, грн.

Річний економічний ефект, грн/рік:

$$E_{год} = [(C_{\delta} + E_n \cdot K_{\delta}) - (C_{np} + E_n \cdot K_{np})] \cdot Q_{np} = [(C_{\delta} - C_{np}) + E_n \cdot (K_{\delta} - K_{np})] \cdot Q_{np} \quad (4.6)$$

де C_{δ} і C_{np} – собівартість очищення 1000 м³ за базовим та проектним варіантами відповідно, грн/1000 м³;

K_{δ} і K_{np} – питомі капітальні вкладення за базовим та проектним варіантами відповідно, грн/1000 м³;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень
Приймаємо $E_n = 0,2$;

Q_{np} – річний обсяг газів, що очищаються за проектним варіантом, тис. м³/рік.

Визначаємо термін окупності додаткових капітальних вкладень $K_{доп.} = (K_{np} - K_{\delta})$, років:

$$T_{ок} = \frac{K_{\delta}}{E_{год}},$$

$$T_{ок} = \frac{171594450}{4480272,846} = 3,83.$$

Коефіцієнт ефективності додаткових капітальних вкладень, грн/(грн·рік):

$$E = \frac{1}{T_{ок}} = \frac{1}{3,83} = 0,26.$$

де $T_{ок}$ – розрахунковий термін окупності додаткових капітальних вкладень.

$$E = 0,26 > E_n = 0,17.$$

$$T_{ок} = 3,83 < T_{ок}^H = 5 \text{ років.}$$

Умова економічної ефективності більш капіталомісткого варіанта (проектного) виконується. Коефіцієнт економічної ефективності додаткових капітальних вкладень більший за нормативний. Отже, проектний варіант сухого очищення газів у рукавному фільтрі економічно доцільний [15].

Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Основні техніко-економічні показники газоочищення

Показники	Одиниці виміру	Варіант	
		базовий	проектний
Річна виробнича потужність газоочищення	млн. м ³	3808,0	3808,8
Зміст пилу: - до очищення - після очищення	г/м ³	1,2	1,2
		0,144	0,0125
Кількість уловленого пилу	т	4002,662	4522,95
Кількість утилізованого пилу	т	3602,396	4070,655
Річні експлуатаційні витрати	тис. грн/рік	216231,800	171594,450
Капітальні вклади	тис. грн	123283,50	99525,00
Річний економічний ефект	тис.грн/рік	-	4480,272
Економічна ефективність капітальних вкладень	$\frac{\text{грн}}{\text{грн} \cdot \text{год}}$	-	0,26
Термін окупності капітальних вкладень	роки	-	3,83

ВИСНОВКИ

1. У загальній частині кваліфікаційної роботи розглянуто технологію виплавки феросиліцію в руднотермічній печі, дано характеристику викидів закритої руднотермічної печі. Основним шкідливим компонентом газів, що відходять, є тонкодисперсний пил.

2. Проаналізовано існуючі системи очищення газів, що відходять від закритих печей виробництва феросплавів. Обґрунтовано очищення у рукавному фільтрі. На підставі розрахунку до установки запропонований фільтр ФРІР-5700. Як тягодутьєвий апарат обраний димотяг ВДН-25×2, що рухається двигуном типу ДАЗО4 – 400ХК – 4МУ1 потужністю 320 кВт. Ступінь очищення газів від пилу становить 99 %. Вловлений пил повертається у виробництво. Виконано аеродинамічний розрахунок газового тракту газоочисної системи. Загальний опір газівідного тракту за результатами розрахунків – 3723,331 Па.

3. Проведено розрахунок аерації цеху. Аерація здійснюється завдяки різниці температур повітря в приміщенні та поза ним, а також впливу вітру. Маса холодного повітря надходить через нижні відкриті отвори в цех, нагріваються та виходять через ліхтар будівлі. Приймаємо витяжний П-подібний ліхтар із вітрозахисними панелями. Також, для забезпечення необхідного освітлення розраховано потрібну кількість ламп. Здійснено оцінку небезпеки дотику людини до проводу трифазної трипровідної мережі з ізолюваною нейтраллю під час роботи в нормальному та аварійному режимах.

4. Розраховано капітальні та експлуатаційні витрати. Річний економічний ефект від запровадження очищення у рукавному фільтрі ФРІР-5700 становить 44 802,728 тис. грн., термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 3,8 року.

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 проектування 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 спецдисциплін і дипломному проєктуванні для студентів денної та заочної форми навчання спеціальності 7.090409. Запоріжжя, 2002. 21с.
8. Тарасов В.К. Безпека технологічних процесів і устаткування. Запоріжжя, ЗДІА, 2008. 164с.
9. Геврик Є.О. Охорона праці: Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів. К.: Ельга, Ніка-Центр, 2003. 280 с.

10. Ткачук К.Н. Филипчук В.Л., Каштанов С.Ф. Виробнича санітарія. Рівне : НУВГП, 2012. 443 с.
11. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. Основи охорони праці. Київ : Основа, 2006. 448 с.
12. Жидецький В. Ц., Джигирей В. С., Сторожук В. М. та ін. Практикум із охорони праці. Навчальний посібник. Львів, Афіша, 2000 352с.
13. Єгупов Ю.А. Організація виробництва на промисловому підприємстві. Навчальний посібник. К. : Центр навчальної літератури, 2006. 488 с.
14. 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.
15. Іващенко О.В. Методичні рекомендації до виконання організаційно-економічної частини дипломного проекту для студентів ЗДІА спеціальності 7.090401. Запоріжжя, 2004. 32 с.