Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

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

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

Кваліфікаційна робота

на тему *«Розробка системи очищення відхідних газів мартенівських печей»*

Виконав: студент ___*2*__курсу, групи *8.1833*_____

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

спеціалізації
_____
(шифр і назва)
___*Д.І. Федченок*_____

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

Рецензент *доцент, к.т.н. Бєлоконь К.В.*_____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя
2024

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

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

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

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

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

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

«____» _____2024 року

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

_____ *Федченок Дмитро Іванович* _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи)_« *Розробка системи очищення відхідних газів мартенівських печей*»_____

керівник роботи_____*Вагін Андрій Вікторович*_____*к.ф.-м.н., доцент*____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від *"__"*_____ 2024 року *№* _____

2. Строк подання студентом роботи _____*06.12.2024*_____

3. Вихідні дані до роботи *реконструкція системи мокрого очищення технологічних газів мартенівського виробництва сталі*_____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)*вступ, технологічний процес мартенівської плавки, екологія мартенівського виробництва, охорона праці та техногенна безпека, організаційна частина, економічна частина, висновки, перелік джерел посилань.*_____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
*презентаційний матеріал на 12 слайдах (на 12 сторінках)*_____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата завдання прийняв
Розділ 1	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 2	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 3	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 4	*Вагін А.В., доцент*	
Розділ 5	*Вагін А.В., доцент*	
Нормоконтроль	*Вагін А.В., доцент*	

7. Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Вступ*		
2	*Розділ 1*		
3	*Розділ 2*		
4	*Розділ 3*		
5	*Розділ 4*		
6	*Розділ 5*		
7	*Презентація*		

Студент _____ *Дмитро ФЕДЧЕНОК*

Керівник роботи _____ *Андрій ВАГІН*

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ *Андрій ВАГІН*

Реферат

Кваліфікаційна робота: 85 стор., 7 табл., 6 рис., 15 джерел.

МАРТЕНІВСЬКА ПІЧ, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, ГАЗОВИЙ ТРАКТ, ТРУБА ВЕНТУРІ, КРАПЛЕВЛОВЛЮВАЧ, ЦИКЛОН, ДИМОТЯГ, КРАПЛЕУНОС.

Об’єкт роботи – ділянка газоочищення мартенівського цеху.

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

Мета кваліфікаційної роботи – реконструкція системи мокрого очищення технологічних газів мартенівського виробництва сталі.

За результатами аналітичного огляду, теоретичного аналізу та проведених розрахунків ухвалена схема мокрого очищення мартенівських газів, яка включає: десять труб Вентурі, бункер-каплеуловлювач, два циклони, два вентилятори та димова труба. Недоліком мокрого газоочищення є підвищений краплеунос. У кваліфікаційній роботі пропонується зменшити вторинний крапленос шляхом удосконалення конструкції бункера-каплеуловлювача. Також пропонується зменшити питому витрату води на зрошення труб Вентурі. Димові гази, що відходять від печі містять тонкодисперсний пил, оксиди азоту і вуглецю, сірчистий ангідрид. Запиленість газів перед газоочисткою становить до 3,6 г/м^3. Виконаний аеродинамічний розрахунок газового тракту газоочисної системи, загальний опір газового тракту складає 13733 Па. Ефективність рукавного фільтру, при кінцевій запиленій газу 0,044 г/м^3, за результатами розрахунків складе 99 %. Термін окупності додаткових капітальних вкладень складає 1,43 років, що знаходиться в межах нормативних показників.

Зміст

ВСТУП 7
1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЛАВКИ . 8
1.1 Влаштування мартенівської печі 8
1.2 Технологічний процес мартенівської плавки . . 9
1.3 Сировинні матеріали для виплавлення сталі . . . 13
1.4 Продукція та відходи мартенівського виробництва . 14
1.5 Характеристика пилогазових викидів мартенівських печей 15
2 ЕКОЛОГІЯ МАРТЕНІВСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА . . . 17
2.1 Способи очищення технологічних газів мартенівських печей 17
2.2 Обґрунтування вибору газоочисної установки . . 20
2.3 Оборотний цил водопостачання мокрого газоочищення мартенівського цеху 24
2.4 Обґрунтування заходів щодо зниження краплеуносу . 26
2.5 Вирішені та невирішені питання по очистці технологічних газів, що відходять від мартенівських печей. Розрахунок системи газоочищення 28
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА . . . 47
3.1 Характеристика ступеня досконалості технологічного процесу мартенівського цеху з гігієнічної точки зору . . . 47
3.2 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища 48
3.3 Розроблення заходів щодо запобігання небезпечним і шкідливим чинникам 50
3.4 Технічне рішення з виробничої санітарії в мартенівському цеху 51
3.5 Інженерна розробка заходів захисту від надлишкового тепла мартенівського цеху пічного прольоту 56
3.6 Електробезпека 60

3.7 Пожежна безпека 63
4. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА 70
4.1 Структура та організація управління ділянкою пиловловлення та газоочищення 70
4.2 Планування виробничої програми 72
4.3 Розрахунок балансу робочого дня основних робітників . 74
5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА 77
ВИСНОВКИ 82
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 84

ВСТУП

Захист навколишнього середовища від шкідливих викидів є однією з найважливіших проблем сучасності, оскільки зростання промислового виробництва та подальше збільшення викидів шкідливих речовин в атмосферу може спричинити серйозні наслідки глобального характеру.

На металургію припадає близько 30% загальних шкідливих викидів в атмосферу, а в районах розташування великих заводів і комбінатів – понад 50% від кількості забруднень. У зв'язку з цим у металургійній галузі проведено значну роботу зі збільшення кількості газоочисних установок та покращення показників їх роботи.

На металургійних підприємствах експлуатуються системи мікроочищення газів. Вони дозволяють досягти високої ефективності при очищенні газів від тонкодисперсного пилу та деяких газоподібних компонентів.

Але, як показав досвід роботи газоочисних установок мартенівського цеху комбінату «Запоріжсталь», істотним недоліком мокрої системи є значний краплеунос (приблизно 200 мг/м^3). Це призводить до передчасного корозійного зносу газоходів, вентиляторів і димової труби, випадання кислотних опадів при розсіюванні викидів через оксиди азоту і сірки, що містяться в них.

Ці наслідки надлишкового краплеуносу говорять про необхідність вжиття заходів щодо зменшення кількості краплинної вологи у газах, що викидаються.

Все більш важливе значення набувають заходи щодо поліпшення умов праці. На металургійних підприємствах у процесі виробництва виникають шкідливі та небезпечні фактори, які можуть призвести до хвороб, травм і навіть смерті обслуговуючого персоналу. Виявлення зниження чи усунення чинників є завданням заходів з охорони праці.

1 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС МАРТЕНІВСЬКОЇ ПЛАВКИ

1.1 Влаштування мартенівської печі

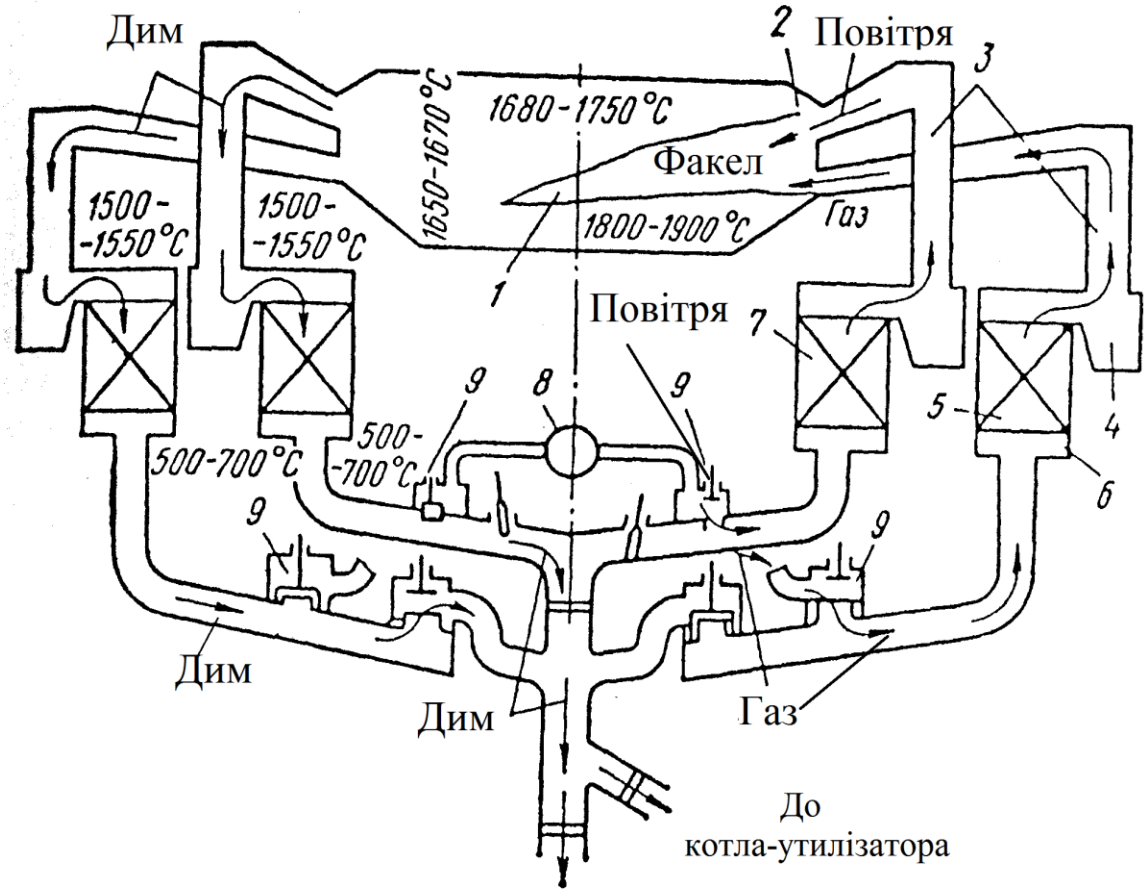
Сучасна мартенівська піч являє собою складну технічну споруду і складається з двох основних частин: верхньої будови, що включає робочий простір, і головку печі, а також нижньої будови, що складається з шлаковиків, боровів, регулюючих пристроїв, регенераторів і газопроводів.

На рис. 1.1 представлена схема, що ілюструє роботу мартенівської печі. Паливо та повітря надходять з правого боку печі, а продукти згоряння йдуть у ліву сторону печі. Для зображеного на рисунку варіанта після проходження через попередньо нагріті насадки регенераторів, повітря нагрівається до 1000 ... 1200ºС і в нагрітому стані через головку потрапляє в піч. При згорянні палива утворюється факел із температурою 1800…1900ºС.

У робочому просторі мартенівської печі відбуваються процеси горіння палива та сталеваріння. Підставою робочого простору є под печі, зверху робочий простір обмежений головним склепінням, з торців - головками, а з поздовжніх сторін - передньої та задньої стінками. Под печі з поперечними і поздовжніми відкосами утворює ванну, призначену для накопичення розплаву і шлаку.

Передня стінка печі звернена у бік робочого майданчика, з якою проводять усі операції, пов'язані з процесом сталеваріння. Для завантаження печі та догляду за нею в передній стінці передбачені завалочні вікна, а у основи стінки - отвори для спуску шлаку по ходу плавки. Задня стінка печі виконана похилою для більшої стійкості проти розмивання шлаком та кращого утримання заправних матеріалів. В основі задньої стінки в найнижчій частині подини, розташованої проти середнього вікна, влаштований випускний отвір [1, 2].

Умовно всю будову мартенівської печі ділять на верхню і нижню частини. До верхньої будови відносять: робочий простір печі, головки і вертикальні канали. Нижня частина складається з шлаковиків, лежаків і перекидних каналів [1].



1 – робочий простір; 2 – головка; 3 – вертикальні канали; 4 – шлаковик; 5 – газовий регенератор; 6 – насадка; 7 – повітряний регенератор; 8 – вентилятор; 9 - перекидні клапани

Рисунок 1.1 - Схема, що ілюструє роботу мартенівської печі

1.2 Технологічний процес мартенівської плавки

Технологічний процес одержання сталі в мартенівських печах включає кілька періодів: заправлення печі, завалку шихти, заливку чавуну, плавлення

шихти, доведення плавки, розкислення, легування та випуск сталі з печі.

Заправлення. Після випуску піч оглядають та виправляють помічені неполадки. За час плавки ті частини задньої та передньої стінок, а також відкосів печі, які стикалися зі шлаком, часто піддаються певному впливу цього шлаку і тому зазвичай потребують профілактичного ремонту. За допомогою заправних машин на ці місця накидається заправний матеріал (доломіт або магнезит). Ця операція називається заправкою печі; вона проводиться обов'язково після кожної плавки. Зазвичай з виявленого поглиблення («ями») стисненим повітрям видувають накоплений там шлак і на виявлену поверхню наварюють необхідний шар вогнетривких матеріалів, закидаючи їх через завалочное вікно. Пагорби на поді-ні □травлюють□, закидаючи на ці місця матеріали, що вступають у взаємодію з матеріалами подини і знижують температуру їх плавлення. Операція заправки печі в залежності від стану подини, розмірів печі та умов проведення операції триває від 10 до 30 хв.

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

Завалку всіх шихтових матеріалів необхідно проводити якнайшвидше при максимальному тепловому навантаженні без зниження температури зводу печі нижче 1500^0C.

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

Заливка чавуну. Заливка чавуну проводиться під факел через два жолоби, встановлених в крайні завалочні вікна. Тривалість заливки трохи більше 25 хв. Все необхідне для заливки кількість чавуну подається до печі одночасно.

Плавлення шихти. Після повного зливу чавуну в піч починається продування ванни киснем. На початку продування кисневі фурми опускають обережно, щоб уникнути пошкоджень. У міру проплавлення шихти і зниження рівня ванни фурми опускають нижче рівня розділу шлак-метал. Через 10...15 хв після зливу всього чавуну в піч починається спуск шлаку. Своєчасне видалення шлаку - найважливіша умова отримання шлаку необхідної основності до моменту розплавлення, максимального видалення сірки і фосфору з металу і мінімальних втрат заліза зі шлаком, що збігає. Оптимальна тривалість спуску шлаку 30...40 хв. Спуск шлаку здійснюється через поріг середнього вікна завалки.

Наприкінці плавлення за 20...30 хв до повного розплавлення, відбирається попередня проба металу для визначення вмісту вуглецю та сірки. Якщо проба показує, що вміст вуглецю по розплавленню буде нижче встановленої межі для даної марки, то допускається доливання рідкого чавуну в кількості, що не викликає перевантаження печі і сталерозливних ковшів (не більше 5% від ваги садка).

Ознакою розплавлення ванни є відсутність місцевого бурлення на її поверхні, наявність активного рідкорухливого шлаку необхідної основності і нагрівання металу до температури 1570^0C.

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

Доведення плавки. Операцію, при якій в результаті підсадок залізної руди або продування організується енергійне кипіння ванни, часто називають

«поліруванням». В результаті завантаження шлаку з ванни видаляється фосфор, по ходу полірування внаслідок підсадок вапна поступово формується високоосновний шлак і підвищується температура ванни. Це створює сприятливі умови для видалення сірки.

Також для покращення умов видалення сірки та фосфору з металу в період доведення необхідно спустити шлак у кількості не менше 14 чаші.

Показниками нормального проведення полірування є:

- швидкість вигоряння вуглецю, яка в цей період повинна бути не нижче 0.35% на годину;

- температура металу, яка повинна безперервно підвищуватись і до початку чистого кипіння бути на 10…30^{0}С нижче необхідної перед випуском плавки (розкисленням металу в печі).

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

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

Розкислювачі, що вводяться в піч і в ківш, повинні бути сухими. Для забезпечення однорідності металу присадку розкислювачів в ківш починають при наповненні ковша металом на 15 висоти, проводять рівномірно і закінчують при наповненні його на 12 висоти.

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

Випуск сталі. Сталевипускний жолоб встановлюють на піч до заливки чавуну. Також на 30 хв до початку випуску під жолоб встановлюються ковші. Випускний отвір до моменту випуску плавки ретельно обробляють і очищають від заправних матеріалів. Тривалість випуску плавки 7...15 хв.

Низьколеговані, спокійні, нестаріючі та напівспокійні марки стали з метою усереднення хімічного складу та температури під час випуску продувають аргоном. Продування здійснюється через шиберний затвор від початку випуску до появи шлаку. На початку продування тиск аргону має бути 200 кПа, витрата його 30 70 $м^3$/год. До кінця сходу плавки тиск аргону має бути не менше 400 кПа, витрата 50 80 $м^3$/год (залежно від інтенсивності буріння). Потім метал необхідно витримати в ковші протягом 15 ... 20 хв до початку розливу.

1.3 Сировинні матеріали для виплавлення сталі

До шихтового відділення мартенівського цеху надходять:

а) металеві шихтові матеріали: оброблений сталевий брухт, його відходи, пакети легковагового брухту, скрап, оброблені «козли», пакетована або брикетована стружка, обрізки слябів та листів, оброблений чавунний брухт та інше;

б) окислювачі: залізняк, прокатна окалина тощо;

в) розкислювачі та легуючі добавки: феромарганець, фероси-цій, силікомарганець, феротитан, алюміній, крем'янисті відходи тощо;

г) флюсуючі матеріали: доломіт сирий, доломіт обпалений, магнезитовий порошок, порошок для торкретування.

На комбінаті «Запоріжсталь» у мартенівському цеху ведеться скрап-рудний процес виплавки сталі. Наявність на комбінаті доменного цеху дозволяє використовувати для плавки рідкий чавун. Він транспортується з доменного цеху в міксерне відділення, зберігається в міксерах і видається для сталеплавильних печей. Рідкий чавун повинен відповідати вимогам:

- хімічний склад домішок, %: Si – 0.6…0.9; Mn≥0.3; S≤0.04;

- товщина шлаку в ковшах повинна бути не більше 50 мм.

Температура рідкого чавуну в міксерах повинна підтримуватись у межах 1320…1380^{0}С шляхом періодичного регулювання витрати пального на пальники. Для зниження вмісту сірки в чавуні роблять примусове скачування шлаку з міксера.

1.4 Продукція та відходи мартенівського виробництва

На комбінаті «Запоріжсталь» випускаються різні види сталі:

а) вуглецеві киплячі сталі;

б) вуглецеві напівспокійні сталі;

в) вуглецеві нестаріючі сталі з "киплячою" скоринкою;

г) вуглецеві спокійні сталі;

д) низьколеговані сталі.

При заливанні чавуну в міксери утворюється так званий графітовий пил. Вона вловлюється та може бути утилізована.

У ході плавки утворюється велика кількість шлаку. Його важко використовувати, оскільки він має непостійний хімічний склад через різні добавки. Хоча його частина може бути утилізована.

Мартенівські гази, що відходять, несуть із собою з робочого простору печі більше половини загальної кількості тепла. Частина його через підсмоктування повітря і проходження газу через вертикальні канали і шлаковики губиться. У регенераторах гази остигають до 800^{0}С, а після проходження бору температура знижується ще на 100^{0}С. Таким чином, перед очищенням температура газів, що відходять, близько 700^{0}С. Утилізація цього тепла дозволяє підвищити показники роботи печі, для цього за мартенівськими печами встановлюють котли-утилізатори, де гази остигають до 220 ... 250^{0}С, віддаючи своє тепло охолоджуючій воді. У котлі-утилізаторі утворюється 350-450 кг пари на 1 т сталі.

У металургійному виробництві пил, що носить димові гази, після очищення може бути утилізована, оскільки містить 50...60% оксидів заліза.

На комбінаті «Запоріжсталь» застосовується мокра система очищення мартенівських газів. Шламова вода надходить на зворотний цикл водопостачання газоочисток, де і освітлюється в гідроциклонах. Згущена пульпа подається на фільтр-преси і виходить кек, який направляють на аглофабрику для подальшого використання в аглошихті. Вода оборотного циклу надходить на ГОУ з наявністю у ній суспензій до 0,3 г/л.

1.5 Характеристика пилогазових викидів мартенівських печей

При виплавці сталі в мартенівській печі димові гази утворюються в результаті згоряння палива, нагрівання і розкладання сипких матеріалів згоряння і оксиду вуглецю, що виділяється при окисленні вуглецю шихти.

Гази, що відходять перед газоочищенням, після котла утилізатора мають температуру 250…300^{0}С; розрідження газів - 3кПа. Гази містять кількість пилу, виділення якого за періодами плавки – прогрів шихти, розплавлення та доведення – нерівномірно. Найбільше пиловиділення спостерігається під час продування киснем.

До розрахунку приймаємо середнє значення запиленості – 5 г/м^3.

Дисперсний склад пилу багато в чому залежить від інтенсивності продувки ванни киснем і для середніх умов наступний:

Розмір частинок, мкм	Менше 1	1 – 5	Більше 5
Масова частка, %	60	34	6

Щільність мартенівського пилу 4,5-5 г/см^3, насипна щільність 1,5 г/см^3.

Фізико-хімічний склад пилу представлений у таблиці 1.1.

При роботі мартенівської печі на природному газі у димових газах може міститися до 110 мг/м^3 оксидів сірки. У газах міститься також 200-400 мг/м^3 оксидів азоту.

Таблиця 1.1 - Фізико-хімічний склад мартенівського пилу

Компо-ненти пилу	FeO	Fe_2O_3	Al_2O_3	CaO	MgO	SiO_2	S	MnO	C
Вміст, %	56,5	84,63	0,7	2,0	1,45	1,14	2,65	1,0	0,78

Вихідні дані, прийняті за основу при розрахунку мокрого газоочищення, представлені в таблиці 1.2.

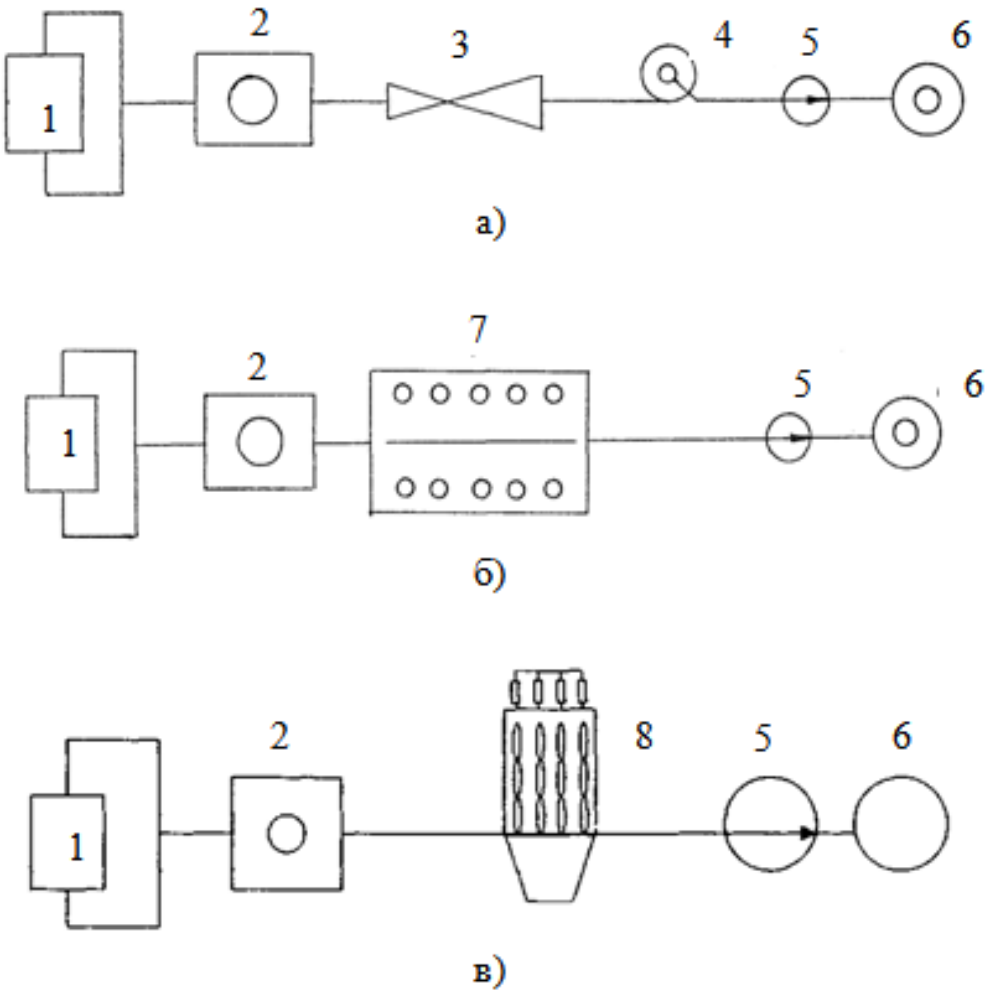
Таблиця 1.2 - Вихідні дані при розрахунку мокрого газоочищення

Найменування параметрів	Одиниці виміру	Значення
Об'ємна витрата газів за нормальних умов	тис. $м^3$/год	143
Температура	^0C	250
Розрядження	кПа	1,5
Початкова запиленість	$г/м^3$	5
Хімічний склад: -CO_2 - O_2 - N_2 - H_2O	 %об %об %об %об	 11 6,5 66,5 16

2 ЕКОЛОГІЯ МАРТЕНІВСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА

2.1 Способи очищення технологічних газів мартенівських печей

Для очищення відхідних газів мартенівських печей застосовують в основному установки двох типів: сухе очищення в електрофільтрах та рукавних іфльтрах і мокре очищення в скрубері Вентурі (рис.2.1.).



а - мокре очищення в скруберах Вентурі; б - сухе очищення в електрофільтрах; в - сухе очищення в рукавних фільтрах; 1 - мартенівська піч; 2 - котел-утилізатор; 3 - труби Вентурі; 4 - краплевловлювач; 5 - димотяг; 6 - димова труба; 7 - сухий електрофільтр; 8 – рукавний фільтр

Рисунок 2.1 – Застосовувані схеми охолодження та очищення газів мартенівських печей

Ефективність роботи всіх апаратів приблизно однакова: і в тому, і в іншому випадку можна знизити концентрацію пилу в газах, що відходять, до 100 мг/м^3, що відповідає санітарним вимогам.

Експлуатуються такі типи електрофільтрів: у більшості схем пластинчасті горизонтальні (димові) з С-подібними осаджувальними та багнетовими коронуючими електродами; що відрізняються тим, що штикові електроди замінені стрічковими голчастими; УГ та ЕГ (з висотою електродів відповідно 7,5 та 15 м). При швидкості руху газів у фільтрі 1,3 м/с забезпечують ефективність очищення 98-99 %, незалежно від методу опалення печей (залишкова запиленість 60-80 мг/м^3); при цьому перепад тиску у фільтрі 500 Па.

У більшості печей тракти обладнані котлами-утилізаторами, оскільки гази, що відходять, мають високу температуру (близько 750^{o}С).

Застосовують індивідуальні та централізовані системи очищення; по-перше – фільтр обслуговує одну піч, по-друге – групу печей. Перевагами централізованої системи є менша площа і більш рівномірний відбір тепла у часі; недолік - необхідність герметизації частини газоходу за димотягами, що знаходиться під тиском, оскільки встановлені шиберні заслінки працюють ненадійно. В індивідуальній схемі немає таких заслінок; вона зручна тому, що ремонт електрофільтра можна поєднати з ремонтом печі, проте при використанні цієї схеми за кожною піччю потрібна власна система газоходів, причому електрофільтрів потрібно мати стільки ж, скільки печей.

Електричний режим роботи електрофільтра є одним з основних факторів, що визначають ефективність очищення газів, тоді як спосіб опалення печі не має на неї суттєвого впливу. Чим вище струм, що проходить через фільтр, і напруга його живлення, тим краще очищення.

Скрубери Вентурі знайшли широке застосування завдяки малим габаритам, простоті виготовлення, монтажу та обслуговування. Цей скрубер включає власну трубу Вентурі і прямоточний циклон-каплеуловлювач. При

необхідності очищення великих кількостей газів застосовують групове компонування з кількох труб Вентурі – по кілька труб у два ряди.

Скрубери Вентурі забезпечують високий ступінь очищення газів (вище 99%) від тонкодисперсного пилу, але мають великий гідравлічний опір (до 10 кПа і вище) і значний краплеунос. Вони відносяться до розряду високоенергоємних апаратів [5].

Димові гази охолоджуються в котлі-утилізаторі та надходять у блок труб Вентурі. Можуть бути використані труби з круглим та прямокутним перерізом горловини. Використання труб з круглим перерізом горловини вимагає відключення частини їх при зміні кількості газів у процесі плавки. Труби Вентурі з прямокутним перерізом горловини дають можливість здійснювати оптимальний режим роботи системи очищення газів протягом плавлення шляхом регулювання перерізу горловини.

Найбільш часто в якості краплеуловлювачів застосовують прямоточні циклони або відцентрові скрубери [5].

Крім індивідуальних схем очищення газів, передбачених для кожної мартенівської печі, застосовують централізовані установки, розраховані на кілька печей. Наприклад, можна використовувати газоочистку, що складається з трьох блоків: двох робочих та одного резервного. Кожен блок розраховується на очищення газів від певної кількості мартенівських печей і включає порожнистий скрубер для охолодження газу, труби Вентурі та відцентрові пило- та бризкоуловлювачі.

Мартенівські печі з'єднані з газоочисткою колектором. Таке централізоване газоочищення займає меншу площу, ніж індивідуальні для кожної печі; крім того, вона дешевша і має нижчі експлуатаційні витрати [5].

Аналіз техніко-економічних показників газоочисних установок дозволяє зробити висновок, що за однакового ступеня очищення питомі капітальні витрати нижчі при застосуванні мокрої системи очищення, а питомі експлуатаційні витрати нижчі при використанні схеми з електрофільтром.

2.2 Обґрунтування вибору газоочисної установки

Як зазначалося вище, обидва способи очищення технологічних газів мартенівських печей (у сухих електрофільтрах та скруберах Вентурі) забезпечують високий ступінь очищення від тонкодисперсного пилу.

При виборі апаратів газоочищення перевага надається сухим методам. Вони не вимагають спорудження дорогих систем водопостачання та шламової каналізації, полегшують утилізацію уловленого продукту, знижують корозійне зношування обладнання та комунікацій, характеризуються меншим споживанням електроенергії та води, покращують умови розсіювання шкідливих викидів в атмосфері [5].

Мокрі апарати мають такі переваги: простоту конструкції та порівняно невисоку вартість; менші габарити порівняно з електрофільтрами; можливість використання при підвищеній температурі та підвищеній вологості газів; уловлювання разом із зваженими твердими частинками парів та газоподібних компонентів.

У мартенівському виробництві сталі для інтенсифікації процесу плавки застосовується подача кисню у ванну. При цьому у відходящих газах, різко зростають концентрація і дисперсність зважених частинок, а також значно знижується вологість газів (до 40-60 г/м^3). В результаті очищення газів в електрофільтрах ускладнюється і потрібне проведення спеціальних заходів для забезпечення їх нормальної роботи (зволоження газів із застосуванням хімічних реагентів) [5].

Мокрим пиловловлювачам також властиві недоліки: одержання уловленого продукту у вигляді шламу; необхідність організації оборотного циклу водопостачання; утворення відкладень в устаткуванні та газопроводах при охолодженні газів до температури точки роси або крапельному винесення вологи з пиловловлювача; шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься в газах, на стінки димових труб; погіршення умов розсіювання

пилу та шкідливих газів, що викидаються через димові труби в повітряний басейн.

При виборі системи очищення газів мартенівських печей комбінату «Запоріжсталь», доцільно використовувати газоочищення зі скрубером Вентурі так як електрофільтр має значні габарити. За можливості підключення до існуючого водного господарства, рентабельність мокрого очищення значно підвищується [5].

Гази, що відходять від мартенівської печі, мають високу температуру (після регенераторів близько 700ºС). Тому, щоб використовувати тепло відхідних газів перед скруберами Вентурі встановлюється котел-утилізатор, в якому за рахунок вироблення водяної пари температура газів знизиться до 220-250ºС. Отриману пару можна корисно використати на цьому ж підприємстві.

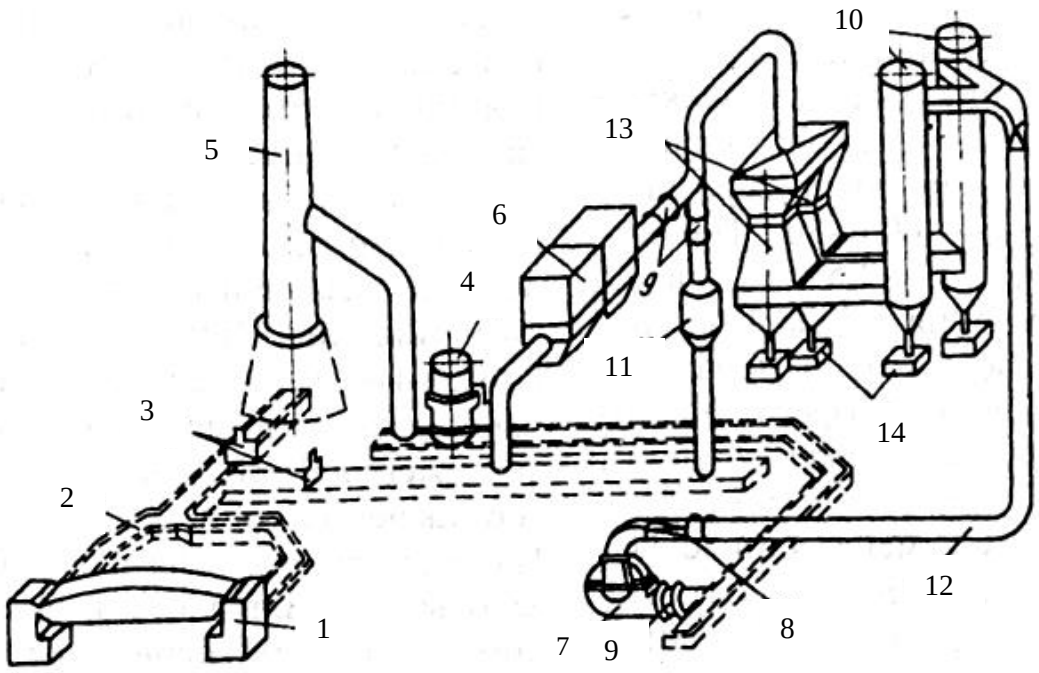
При очищенні у скруберах Вентурі змінних витрат застосовують двоступінчасту сепарацію вологи: грубу та тонку. Як перший ступінь для уловлювання основної кількості рідини зазвичай використовуються краплеуловлювачі ударно-інерційного типу, а як другий ступінь для доловлювання крапельної вологи - циклонні сепаратори.

Таким чином, установка для очищення технологічних газів мартенівської печі №7 комбінату «Запоріжсталь» включає такі елементи: блок труб Вентурі, бункер-краплеуловлювач, прямоточний циклон, вентилятор і димову трубу (рис. 2.2).

На цій установці гази в шлаковику з температури 1400 – 1500^{0}С до 900–1000^{0}С охолоджуються уприскуванням води. Потім в борові гази охолоджуються до 800^{0}С при розбавленні вентилятором, що подається, повітрям, через спеціальне сопло діаметром 700 мм, встановлене на вході в боров.

Охолоджені гази прямують в котел-утилізатор марки КУ-90-М, після чого з температурою 220-250^{0}С поступають на мокру газоочистку. Система газоочистки представлена десятьма паралельно працюючими трубами

Вентурі круглого перетину з діаметром горловини 250 мм. Зрошування труб Вентурі проводиться тангенціальними форсунками, встановленими в конфузорной частині при тиску води 245,25 кПа.



1 – мартенівська піч; 2 – борова; 3 – шибер обвідний газохід; 4 - пристрій для підігріву газу; 5 - димар; 6 – котел-утилізатор; 7 – димосос; 8 – направляючий апарат димососів; 9 - дросель - клапан; 10 – відцентровий скрубер; 11 – зрошувальна камера; 12 – газопровід очищеного газу; 13 – блок труб Вентурі; 14 - гідрозатвор

Рисунок 2.2 - Схема очищення мартенівських газів в скруберах Вентурі

Пиловловлююча апаратура виготовлена з корозійностійкої сталі Х18Н10Т, яка стійка до дії високої температури і агресивного середовища. Після труб Вентурі гази поступають в циклони–краплевловлювачі діаметром 3100 мм для виділення з них краплинної вологи і потім димососами ВМ-100/1200 і ВМ – 20А виводяться в димар. Для захисту краплевловлювачей від корозійно-ерозійного зносу передбачена футерівка діабазовою плитою, виконаною на мастиці «Арзаміт-5».

Шлам через затвори типу «мигалка» зливається в лоток, звідки самоплив поступає в шламову насосну. Стічні води краплевловлювачей поступають по загальному шламовому лотку на оборотний цикл газоочистки мартенівських печей.

При швидкостях газу в горловині труб Вентурі в межах 100–120 м/с і витраті води на кожну батарею труб Вентурі 120–150 $м^3$/год. і перепаді тиску в трубах Вентурі 8830–9810 Па мокра система забезпечує високий ступінь очищення газу від пилу - 98,5% і від SO_2 55%. У разі виходу з ладу котла-утилізатора гази, що відходять, з температурою 700 – 800 і навіть 900^0С прямують прямо на газоочистку в труби Вентурі. Практикою встановлено, що ефективність роботи газоочистки при цьому не знижується [5].

Скрубери Вентурі забезпечують високий ступінь очищення газів від дрібнодисперсного пилу, але як показав досвід роботи газоочисних установок мартенівського цеху комбінату «Запорожсталь», істотним недоліком мокрої системи є значний краплевнос (близько 200мг/$м^3$). Це приводить до передчасного корозійного зносу газоходів, вентиляторів і димаря, випаданню кислотних опадів при розсіюванні викидів із-за оксидів азоту і сірки, що містяться в них.

Крім того, ці установки володіють великим гідравлічним опором і відносяться до розряду високоенергоємних апаратів [5].

Мокрі апарати разом з перевагами: простота конструкції і порівняно невисока вартість; менші габарити в порівнянні з електрофільтрами та рукавними фільтрами; можливість використання при підвищеній температурі і підвищеній вологості газів; уловлювання разом із зваженими твердими частинками пари і газоподібних компонентів, мають наступні недоліки [5]: отримання уловленого продукту у вигляді шламу, що вимагає необхідності додаткової утилізації; необхідність організації оборотного циклу водопостачання; утворення відкладень в устаткуванні і газопроводах при охолоджуванні газів до температури точки роси або краплинному віднесенні вологи з пиловловлювача; шкідливий вплив краплинної вологи, що міститься

в газах, на стінки димарів; погіршення умов розсіювання пилу і шкідливих газів, що викидаються через димарі в повітряний басейн.

Аналіз техніко-економічних показників газоочисних установок дозволяє зробити висновок, що при однаковому ступені очищення питомі капітальні витрати на газоочистку нижче при застосуванні мокрої системи очищення. А питомі експлуатаційні витрати нижче при використанні схеми з електрофільтром або рукавним фільтром.

2.3 Оборотний цил водопостачання мокрого газоочищення мартенівського цеху

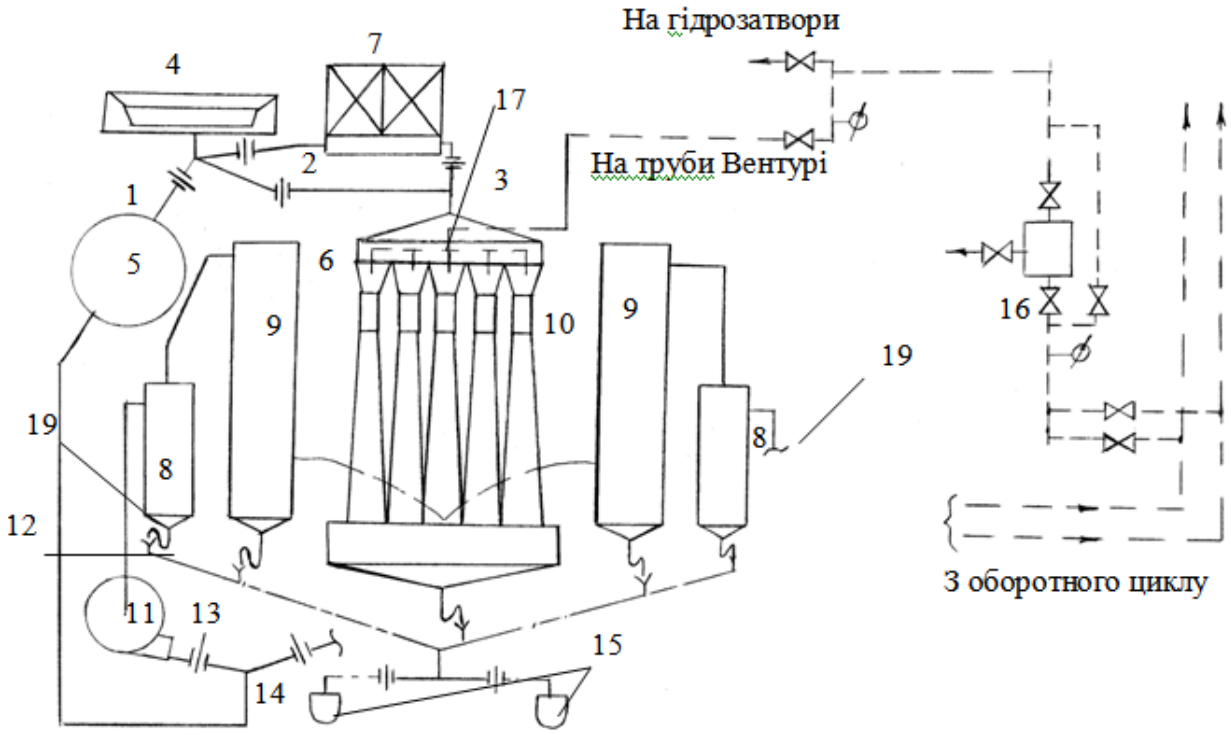
Уловлений у газоочищенні пил становить 1,2...1,5% від маси металевої шихти і містить 55-60% заліза, тобто стільки, скільки заліза міститься у високоякісній залізній руді. Отриманий шлам передбачається використовувати на агломераційній фабриці.

Шламові води, що надходять з газоочисток, необхідно очищати для їх повторного використання. По гранулометричному складу завісь у шламовій воді, що надходить на очищення, включає 85-90% частинок розміром менше 50 мкм; щільність завісі становить 4500 ... 5000 кг/м^3.

Водне господарство газоочищення мартенівського цеху є самостійним оборотним циклом водопостачання (рис. 2.3), що включає очисні споруди, насосні та обладнання з обробки шламової пульпи і шламу.

Шламові води по лотках надходять до приймальної камери, де вапняним молоком нейтралізуються до pH = 8 ... 9, і далі на насосну станцію. Насосами шламові води подаються до розподільної камери оборотного циклу; у цю камеру подається флокулянт – 0,1% розчин поліакриламіду. Стоки з додаванням флокулянта трубопроводами надходять у відкриті гідроциклони на освітлення. Обертальний рух рідини в гідроциклонах, що призводить до сепорації частинок, забезпечується тенгеціальним підведенням води до циліндричного корпусу. Обертання потоку рідини сприяє

агломерації частинок та збільшенню їх гідравлічної крупності (швидкості осадження).



1 – шибер димовий; 2 – шибер котельний; 3 – шибер після котла; 4 – мартенівська піч; 5 – димова труба; 6 – шибер відвідний; 7 – котел-утилізатор; 8 – брудовідстійник; 9 – циклон; 10 – блок труб Вентурі; 11 – млиновий вентилятор; 12 – дросель; 13 – пусковий шибер; 14 – газохід чистого газу; 15 – шламовий лоток; 16 –водний фільтр; 17 – газохід брудного газу; 18 – бункер-каплеуловлювач; 19 – газохід до вентилятора.

Рисунок 2.2 – Схема водопостачання газоочищення мартенівських печей

Освітлені стоки через зливні жолоби гідроциклонів прямують до приймальної камери освітленої води і далі насосами повертаються на мокрі газоочисні установки цеху. Концентрація суспензії в освітленій воді не більше 150 мг/л.

Згущена пульпа з нижньої зони гідроциклонів з метою подальшого згущення надходить на початку у дешламатори, а потім насосами подається на фільтр-преси. Шлам, після фільтр-пресу, має вологість 20-25%; він

збирається в шламових бункерах, у тому числі надходить на додаткову обробку.

Для повернення шламу в металургійний цикл кек збирається в бункерах, звідки вивозиться на рудне подвір'я доменного цеху.

Водопостачання газоочищення мартенівського цеху є замкнутим оборотним циклом, що має тільки підживлення. Підживлення дозволяє заповнити втрати води на випаровування у відстійниках та винос з газами.

2.4 Обґрунтування заходів щодо зниження краплеуносу

Так як в умовах комбінату «Запоріжсталь» при очищенні технологічних газів, що відходять від мартенівських печей, в скруберах Вентурі має місце значний краплеунос необхідно розробити заходи щодо його зниження.

Як показує досвід роботи газоочисної установки, гази, що проходять очищення, мають на виході вміст крапельної вологи близько 200 мг/м^3, що вдвічі перевищує допустиму норму.

Причини підвищеного краплеуносу за скрубером Вентурі наступні: у бункері-каплеуловлювачі, встановленому під трубами Вентурі, постійно є певний рівень води. При проходженні газового потоку через бункер із поверхні «дзеркала» рідини зривається плівка води, частина якої виноситься газовим потоком у вихідний патрубок.

Конструкція циклону-каплеуловлювача, що діє на заводі, така, що рідина надходить у зваженому стані в газовий потік у місці входу газу безпосередньо в циклон. Причому, рідина надходить з двох сторін - зверху, у вигляді стікає по стінках краплеуловлювача плівки, і з одного боку з двох вертикальних сторін вхідного патрубка у вигляді аналогічної плівки, що переміщається обертовим газовим потоком по внутрішньої циліндричної стінці краплеуловлювача.

У циклоні має місце вторинний краплеунос, обумовлений контактом вершини вихрового потоку з поверхнею води в нижній частині циклону.

Надлишковий краплеунос викликає наростання мокрих відкладень на відходящих газоходах, збільшує їх гідравлічний опір, веде до корозійного зносу димотягів, газоходів, димової труби.

У зимовий час значний вміст вологи у викидних газах, викликає конденсування її на поверхні трубопроводів і димової труби, а також до їх зледеніння.

Підвищений краплеунос знижує температуру відхідних димових газів (нижче розрахункової), погіршуючи тим самим розсіювання їх в атмосфері.

Так як принципом очищення в мокрому апараті є вловлювання пилу краплями рідини, то краплеунос обумовлює винос вже уловленого пилу.

У газоочищенні комбінату «Запоріжсталь» не передбачено очищення від шкідливих газоподібних компонентів, оскільки не розроблено економічно вигідних методів для уловлювання їх малих концентрацій. Таким чином, що містяться в газах, що викидаються, оксиди сірки і азоту при взаємодії з водою утворюють кислоти. Завданням кваліфікаційної роботи є розробка заходів щодо поліпшення параметрів газоочисної установки та зниження побутового краплеуносу.

З метою краплеуносу за скрубером Вентурі пропонуються наступні заходи. Щоб уникнути контакту основного газового потоку з поверхнею води, необхідно встановити в бункері-каплеуловлювачі над рівнем рідини металеві ґрати. Потрібно вибрати оптимальну форму та рівень розташування решітки в бункері для найкращого краплеуловлювання.

У циклоні-краплеуловлювачі для попередження потрапляння в газовий потік стікаючої рідини пропонується встановити два відбійних козирка, виконаних у вигляді стандартних куточків: над вхідним патрубком і на бічній стінці з боку руху плівки. У нижній частині циклону необхідно встановити решітку для усунення контакту вихрового потоку з поверхнею рідини.

Розглянемо можливості конструктивних змін спрямованих на покращення параметрів його роботи – підвищення ступеня уловлювання краплинної вологи та зниження гідравлічного опору бункера.

Для зниження краплеуносу з бункера з метою запобігання зриву крапель газовим потоком з поверхні рідини, встановлюємо металеву решітку, виготовлену із сталевих прутків діаметром 30 мм, відстань між якими 10 мм.

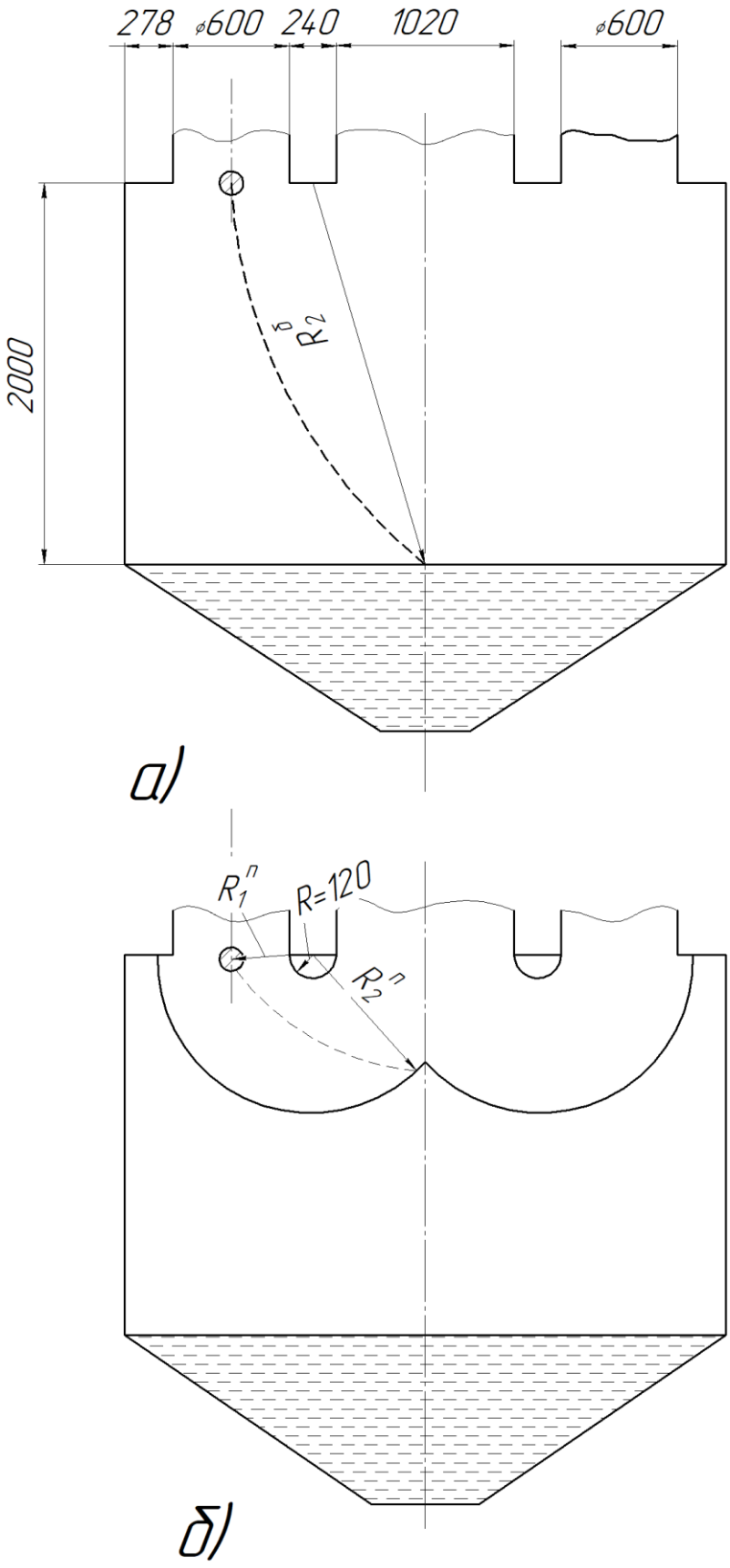
З метою зниження гідравлічного опору бункера слід заокруглити внутрішню та зовнішню кромки розвороту газового потоку. Радіус внутрішнього закруглення складе 0,5 відстані між краєм дуффузора і вихідним патрубком, тобто 0,12 м. Внутрішнє закруглення виготовляється зі сталевого листа товщиною 4 мм.

Значний вплив на зміну гідравлічного опору бункера надає відстань від решітки до газоходу. У нашому випадку, за І.Е. Ідельчик, оптимальною відстанню буде 55% від ширини вихідного патрубка, тобто 0,56 м. З урахуванням внутрішнього заокруглення, радіус заокруглення зовнішньої кромки буде 0,56+0,12=0,68 м, приймаємо 0,7.

Таким чином, грати будуть мати форму увігнутою «кошиком», симетричною щодо центру вихідного отвору бункера (рис. 2.3). При такій установці решітки забезпечуються мінімальні втрати тиску газів при повороті потоку на 1800 мінімальний коефіцієнт гідравлічного опору ξ_1 =4[6].

2.5 Вирішені та невирішені питання по очистці технологічних газів, що відходять від мартенівських печей. Розрахунок системи газоочищення

Завданням кваліфікаційної роботи є розробка заходів щодо покращення параметрів газоочисної установки та зниження надлишкового краплеуносу.



а – базовий варіант; б – проєктний варіант

Рисунок 2.3- Бункер-краплеуловлювач

На комбінаті «Запоріжсталь» експлуатується установка із десяти труб Вентурі відомих типорозмірів:

діаметр горловини $d_г$=0,250 м;

довжина горловини $l_г$=0,900 м;

діаметр вхідного перерізу конфузора $d_к$=0,600 м;

діаметр вихідного перерізу дифузора $d_д$=0,600 м;

довжина конфузора $l_к$=1,000 м;

довжина диффузора $l_к$=3,320 м.

Для зрошення труб Вентурі обираємо тангенціальні форсунки. Визначаємо діаметр отвору однієї форсунки:

$$d_ф = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_в}{n \cdot \mu \cdot \pi \cdot \sqrt{2 \cdot P_в / \rho_в}}}, \quad (2.1)$$

де $Q_в$ – витрата води на зрошення, м^3/с, $Q_в$=130/3600=0,036 м^3/с;

n - кількість форсунок, приймаємо n=10;

μ - коефіцієнт витрати води, μ=0,73;

$\rho_в$ – щільність води, кг/м^3.

$$d_ф = \sqrt{\frac{4 \cdot 0{,}036}{10 \cdot 0{,}73 \cdot 3{,}14 \cdot \sqrt{2 \cdot 600000 / 1000}}} = 0{,}013 \text{ м}.$$

Швидкість газу в горловині труби Вентурі:

$$W_г = \frac{1{,}13^2 \cdot Q_2}{n \cdot d_г^2}, \quad (2.2)$$

$$W_{г\,п} = \frac{1{,}13^2 \cdot 56{,}7}{10 \cdot 0{,}25^2} = 115{,}8 \approx 116 \text{ м/с}.$$

Швидкість газу на вході в конфузор і на виході з дифузора:

$$W_к = \frac{1{,}13^2 \cdot Q_1}{n \cdot d_к^2}, \quad (2.3)$$

$$W_{кп} = \frac{1{,}13^2 \cdot 52{,}3}{10 \cdot 0{,}6^2} = 18{,}55 \text{ м/с},$$

$$W_д = \frac{1{,}13^2 \cdot Q_2}{n \cdot d_д^2}, \quad (2.4)$$

$$W_{дп} = \frac{1{,}13^2 \cdot 56{,}7}{10 \cdot 0{,}6^2} = 20{,}1 \text{ м/с}.$$

Визначаємо коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби (без зрошення).

Опір труби Вентурі складається з двух опорів:

$$\Delta P_{тр} = \Delta P_с + \Delta P_ж \quad (2.5)$$

де $\Delta P_с$ – гідравлічний опір сухої труби, Па;

$\Delta P_ж$ – гідравлічний опір, обумовлений введенням зрошуваної рідини, Па.

З формул:

$$\Delta P_с = \zeta_с \cdot \frac{W_г^2 \cdot \rho_2}{2}, \quad (2.6)$$

$$\Delta P_ж = \zeta_ж \cdot \frac{m \cdot W_г^2 \cdot \rho_в}{2}, \quad (2.7)$$

$$\zeta_ж = 0{,}63 \cdot \zeta_с \cdot m^{-0{,}3}, \quad (2.8)$$

де $\xi_с$ – коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби Вентурі;

$\xi_ж$ – коефіцієнт гідравлічного опору сухої труби.

Отримаємо:

$$\Delta P_{тр} = \zeta_с \cdot \frac{W_г^2 \cdot \rho_2}{2} + 0{,}63 \cdot \zeta_с \cdot m^{-0{,}3} \cdot \frac{m \cdot W_г^2 \cdot \rho_в}{2}. \qquad (2.9)$$

Звідси:

$$\zeta_с = \frac{2 \cdot \Delta P_{тр}}{W_г^2 \cdot \left(\rho_2 + 0{,}63 \cdot m^{0{,}7} \cdot \rho_в\right)}, \qquad (2.10'')$$

$$\zeta_с = \frac{2 \cdot 8500}{116^2 \cdot \left(0{,}889 + 0{,}63 \cdot 0{,}0007^{\,0{,}7} \cdot 1000\right)} = 0{,}26.$$

Це значення на 3,6 % перевищує необхідну ступінь очистки та веде до невиправданих витрат електроенергії та води. З ціллю зниження гідравлічного опору труби Вентурі та зменшення експлуатаційних витрат зменшимо витрату води на зрошення.

По даним С.Б. Старка, мінімально допустиме значення питомої витрати $m_б^п$=0,0005 м^3/м^3.

Визначимо тиск води перед форсунками для витрати $Q_{в.б}$=107 м^3/год або 0,029 м^3/с.

З (2.11) отримаємо:

$$P_в = \frac{8 \cdot \left(Q_{в.б}\right)^2 \cdot \rho_в}{n^2 \cdot \mu^2 \cdot \pi^2 \cdot d_ф^4}, \qquad (2.11')$$

$$P_{вб}^б = \frac{8 \cdot \left(0{,}029\right)^2 \cdot 1000}{10^2 \cdot 0{,}73^2 \cdot 3{,}14^2 \cdot 0{,}013^4} = 448340 \text{ Па}.$$

Пириймаємо $P^б_{вб}$=0,45 МПа.

Визначимо ефективність очистки.

$$\Delta P^{п}_{ап.б}=8958+500+250=9708 \text{ Па}.$$

$$К^{п}_{гб}=9708+450000\cdot 0,0005=9933 \text{ кДж}/1000 \text{ м}^3.$$

$$N^{п}_{гб}=1,565\cdot 10^{-6}\cdot 9933^{1,619}=4,6.$$

$$\eta^{п}_{б}=\frac{e^{4,6}-1}{e^{4,6}}=0,990.$$

$$z_{2б}{}^{п}=2\cdot(1-0,99)=0,002 \text{ г}/\text{м}^3.$$

Тобто навіть при мінімальному значенні питомої витрати зрошувальної рідини, ми забезпечуємо необхідну ступінь очистки при незначному (на 1-2^0C) підвищенні температури на виході з труби Вентурі. Таке підвищення температури лежить у межі допустимих вимог експлуатації.

Уточнимо швидкість на вході в конфузор і на виході з дифузора:

$$W^{п}_{к.б}=\frac{1,13^2\cdot 59,4}{10\cdot 0,6^2}=21,1 \text{ м/с},$$

$$W^{п}_{д.б}=\frac{1,13^2\cdot 64,5}{10\cdot 0,6^2}=22,9 \text{ м/с}.$$

Розрахунок бункера-краплеуловлювача

Після труб Вентурі в установці газоочистки стоїть первинний краплеуловлювач. Розрахуємо гідравлічний опір цього бункера в проєктному варіанті.

Глибину бункера до рівня шламової води приймаємо $h^{б}$=2,0 м; ширина вихідного патрубка рівна a_0=1,2 м (по заводським даним).

Гідравлічний опір бункера, Па:

$$\Delta P_б=\Delta P_{б1}+\Delta P_{б2}, \quad (2.12)$$

де $\Delta P_{б1}$ – коефіцієнт гідравлічного опору самого бункера при русі газу зсередини нього, Па;

$\Delta P_{б2}$ – гідравлічний опір вихідного патрубка при переході газу з бункера в циклон, Па.

$$\Delta P_{б1} = \zeta_1 \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{б1}^2}{2}, \quad (2.13)$$

де ξ_1 – коефіцієнт опору для розвороту на 180^0С. По даним І.Е. Ідельчика при співвідношенні $h^б/a_0=2$ $\xi_1^б=30$;

$W_{б1}$ – середня швидкість руху газу зсередини бункера, м/с.

Гідравлічний опір вихідного патрубка рівний, Па:

$$\Delta P_{б2} = \zeta_2 \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{б2}^2}{2}, \quad (2.14)$$

де ξ_2 – коефіцієнт гідравлічного опору вихідного патрубка;

$W_{б2}$ – швидкість руху газу в вихідному патрубку, м/с.

Вихідний патрубок при переході газу з бункера в циклон являє собою трійник. Швидкість газу в трійніку, м/с:

$$W_{б2.п}^б = 20{,}3 \cdot \frac{1{,}413}{2} = 14{,}3 \text{ м/с}. \quad (2.15)$$

Коефіцієнт гідравлічного опору для трійника при співвідношенні площадей бокового відгалуження і вхідного перетину 0,5, а також при плавному повороті на 90^0С $\xi_2=0{,}3$ [7].

Тоді:

$$\Delta P^{б}_{б2.п} = 0,3 \cdot \frac{0,889 \cdot 14,3^2}{2} = 27 \text{ Па},$$

$$\Delta P^{б}_{б.п} = 433 + 27 = 460 \text{ Па}.$$

Для проєктованого бункера-краплеуловлювача розглянемо можливості конструктивних змін з метою покращення його параметрів (покращення ступеня уловлювання краплинної вологи та зменшення гідравлічного опору).

Для зниження краплеуносу з бункера з метою запобігання зриву крапель газовим потоком з поверхні рідини встановлюємо металеві ґрати, виготовлені із сталевих прутків діаметром 30 мм, відстань між якими 10 мм.

Для зниження коефіцієнта гідравлічного опору необхідно заокруглити внутрішню та зовнішню кромки розвороту. Радіус внутрішнього закруглення становитиме 0,5 відстані між краєм дифузора і вихідним патрубком, тобто 0,12 м. Внутрішнє закруглення виготовляється із сталевого листа завтовшки 4 мм.

Значний вплив на зміну гідравлічного опору бункера має відстань від решітки до газоходу. У разі, по І.Е. Ідельчик, оптимальною відстанню буде 55% від ширини вихідного патрубка, тобто 0,56 м. З урахуванням внутрішнього заокруглення, радіус заокруглення зовнішньої кромки буде 0,56 +0,12 = 0,68 м, приймаємо 0,7 м.

Таким чином, грати будуть мати форму увігнутого «кошика», симетричного щодо центру вихідного отвору бункера. При такому компонуванні забезпечуються переваги, властиві застосуванню обтічників та розсічення для повороту газового потоку на 180^0С [7].

Розташування ґрат вибрано так, щоб забезпечити мінімальний коефіцієнт гідравлічного опору, який складе $\xi_1^{п}$=4 [7]. При цьому перетин, через який проходить газовий потік, залишається практично незмінним та рівним:

$$S_{ср}^{п} \approx S_З = 2 м^2.$$

Швидкість руху газів складає:

$$W_{б1.п}^{п} \approx W_{б2.п}^{б} = 14,3 \text{ м/с},$$

$$W_{б1.б}^{п} \approx W_{б2.б}^{б} = 16,2 \text{ м/с}.$$

Виходячи з конструкції бункера в базовому та проєктному варіантах, можна орієнтовно оцінити вплив прийнятих конструктивних змін на величину краплеуловлювання.

З літератури відомо, що після труби Вентурі при швидкості близько 120 м/с середній діаметр крапель, що утворюються на виході дифузора, становить 50-60 мкм [7]. Визначимо середній розмір крапель, що уловлюються бункером-каплеулоулювачем у продувний період для проєктного варіанту за формулою:

$$d = \frac{3 \cdot \sqrt{\left(R_2^{\,2} - R_1^{\,2}\right) \cdot \mu}}{W \cdot \sqrt{\rho_к \cdot t}}, \qquad (2.16)$$

де R_1, R_2 – радіуси руху крапель, що визначаються геометричними параметрами бункера.

$$R_1^{п} = R_1^{б} = 0,42 \text{ м}, \; R_2^{б} = 2 \text{ м}, \; R_2^{п} = 0,7 \text{ м};$$

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості, Па·с;

W – швидкість газового потоку, м/с;

$\rho_к$ – щільність води, кг/м^3;

t – час переходу краплі з радіусу R_1 на R_2, с.

$$t \approx \frac{1}{W}, \qquad (2.17)$$

де l – шлях, який проходить крапля при переході з радіусу R_1 на R_2, м.

Наближено:

$$l = \frac{3}{4} \cdot \pi \cdot R_1 . \qquad (2.18)$$

Отже:

$$t = \frac{3}{4} \cdot \frac{\pi \cdot R_1}{W}. \qquad (2.19')$$

Для базового варіанта:

$$t^{б} = \frac{3}{4} \cdot \frac{3{,}14 \cdot 0{,}42}{5{,}7} = 0{,}173\,\text{с},$$

$$d^{б} = \frac{3 \cdot \sqrt{\left(2^2 - 0{,}42^2\right) \cdot 1{,}75 \cdot 10^{-5}}}{5{,}7 \cdot \sqrt{1000 \cdot 0{,}173}} = 3{,}27 \cdot 10^{-4}\,\text{м або 327 мкм.}$$

Для проєктного варіанта:

$$t^{п} = \frac{3}{4} \cdot \frac{3{,}14 \cdot 0{,}42}{14{,}3} 0{,}069\,\text{с},$$

$$d^{п} = \frac{3 \cdot \sqrt{\left(0{,}7^2 - 0{,}42^2\right) \cdot 1{,}75 \cdot 10^{-5}}}{14{,}3 \cdot \sqrt{1000 \cdot 0{,}069}} = 5{,}91 \cdot 10^{-5}\,\text{м или 59 мкм.}$$

Наближений розрахунок показує, що прийняті конструктивні зміни значно покращать уловлювання крапель у бункері, а отже, зменшать краплеунос рис (2.3).

Розрахунок циклону-краплеуловлювача

На комбінаті «Запоріжсталь» застосовуються два паралельно працюючі циклони діаметром $D_ц$=3,1 м. Розрахуємо параметри роботи циклону для

базового та проєктного варіантів.

Швидкість газу в циклоні, м/с:

$$W_{ц} = \frac{1{,}13^2 \cdot Q_2}{n \cdot D_{ц}^2}, \quad (2.20)$$

де n – кількість циклонів, n=2.

Опір циклона, Па:

$$\Delta P_{ц} = \xi \cdot \frac{\rho_2 \cdot W_{ц}^2}{2}, \quad (2.21)$$

де ξ - коефіцієнт гідравлічного опору циклона. Приймаємо ξ=33 [7].

Продувний період (базовий та проєктний варіанти):

$$W_{ц.п} = \frac{1{,}13^2 \cdot 56{,}7}{2 \cdot 3{,}1^2} = 3{,}75 \text{ м/с},$$

$$\Delta P_{ц.п} = 33 \cdot \frac{0{,}889 \cdot 3{,}75^2}{2} = 206 \text{ Па}.$$

Безпродувний період (базовий варіант):

$$W_{ц.б}^{б} = \frac{1{,}13^2 \cdot 64{,}5}{2 \cdot 3{,}1^2} = 4{,}3 \text{ м/с},$$

$$\Delta P_{ц.б}^{б} = 33 \cdot \frac{0{,}886 \cdot 4{,}3^2}{2} = 270 \text{ Па}.$$

Безпродувний період (проєктний варіант):

$$W_{ц.б}^{п} = \frac{1{,}13^2 \cdot 64{,}6}{2 \cdot 3{,}1^2} = 4{,}3 \text{ м/с},$$

$$\Delta P^{п}_{ц.б} = 33 \cdot \frac{0{,}884 \cdot 4{,}3^2}{2} = 267\,Па.$$

У циклоні-краплеуловлювачі для зменшення вторинного краплеуносу пропонується встановити два відбійних козирка виконаних у вигляді стандартних куточків. Для захисту від рідини, що стікає зверху, приймаємо куточок 100×150 мм довжиною l=2600 мм, для відбою крапель на бічній стінці вхідного патрубка приймаємо куточок 100×100 мм довжиною l =2200 мм, виконані зі сталі. У нижній частині циклону пропонується встановити решітку із прутків діаметром 20 мм з відстанню між ними 20 мм.

Грунтуючись на досвіді впровадження аналогічних заходів на СПЦ-3 ВАТ «Дніпроспецсталь», запропоновані зміни в конструкції краплеуловлювачів забезпечать зменшення краплинної вологи в газах, що відходять, до значень, менших, ніж допустимий рівень [7].

Таким чином, фактичний опір скрубера Вентурі складе:

1) базовий варіант:

$$\Delta P^{б}_{ап.п}=8500+460+206=9166\ Па,$$

$$\Delta P^{б}_{ап.б}=10000+595+270=10865\ Па;$$

2) проєктний варіант:

$$\Delta P^{п}_{ап.п}=8500+390+206=9096\ Па,$$

$$\Delta P^{б}_{ап.б}=8958+500+267=9715\ Па.$$

Аеродинамічний розрахунок газовідвідного тракту

Сумарні втрати тиску складаються з витрат тиску на тертя ΔP_1, втрат тиску на місцевих опорах $\Delta P_м$, а також самотяги $P_с$, Па:

$$\Delta P=\Delta P_1+\Delta P_м-\Delta P_с, \quad (2.22)$$

Втрати тиску на тертя в круглих трубопроводах визначаються за формулою , Па:

$$\Delta P_1 = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \rho_г \cdot \frac{W^2}{2}, \quad (2.23)$$

де λ - коефіцієнт опору тертя;

l – довжина ділянки газопровода, м;

d – діаметр газопровода, м;

$\rho_г$ – щільність газу в умовах газоходу, кг/м^3;

W – середня швидкість газів на ділянці газопровода, м/с.

Для гідравлічних шорстких труб коефіцієнт λ можна визначити за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}14 + 2 \cdot \lg \frac{d}{k}\right)^2}, \quad (2.24)$$

де k – абсолютна шорсткість внутрішніх стінок труб, м; для цегляної кладки $k=2{,}5\cdot10^{-3}$м; для зварних помірно іржавих труб $k=0{,}5\cdot10^{-3}$м.

Витрати тиску на місцевих опорах, Па:

$$\Delta P_м = \xi \cdot \rho_г \cdot \frac{W^2}{2}, \quad (2.25)$$

де ξ - сумарний коефіцієнт місцевого опору, залежний від виду місцевих опорів на участках газопроводу.

Тиск самотяги, Па:

$$\Delta P_с = \pm H \cdot g \cdot \left(\rho_в - \rho_г\right) \cdot \frac{B}{101{,}3}, \quad (2.26)$$

де Н – Відстань по вертикалі між центрами розглянутих перерізів, м;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2;

$\rho_в$ – щільність навколишнього повітря при температурі 27^{0}С, кг/м^3, $\rho_в$=1,17 кг/м^3;

В – барометричний тиск, кПа.

Загальний опір газовідвідного тракту визначають як суму опорів розміщеного в ньому устаткування $\Delta P_{апар}$, витрати тиску на тертя та витрати тиску на місцеві опори $\Delta P_м$ (з урахуванням самотяги $P_с$):

$$\Delta P_{трак.}=\Delta P_{апар.}+\Delta P_1+\Delta P_м-P_с. \quad (2.27)$$

На рис. 2.4 представлена схема газовідвідного тракту. Вона складається з наступних участків: I – мартенівська піч – рівень землі; II – рівень землі – котел-утилізатор; III – котел-утилізатор – скрубер Вентурі; IV – скрубер Вентурі – вентилятор; V – вентилятор – трійник; VI – трійник – димова труба.

Матеріал трубопровода на ділянках: I – цегла; II – VI – сталь зварна, помірно іржава.

Геометричні розміри трубопроводів наступні:

l_1=1,5 м; l_2=8м; l_3=2м; l_4=6м; l_5=20 м; l_6=2м; l_7= 20 м; l_8=4м; l_9=0,5 м; l_{10}=1,5 м; l_{11}=9 м; l_{12}=5 м; l_{13}=30 м; d_{II}=3,5м; d_{III}=2,6 м; d_{IV-V}=1,5м; d_{VI}=2м.

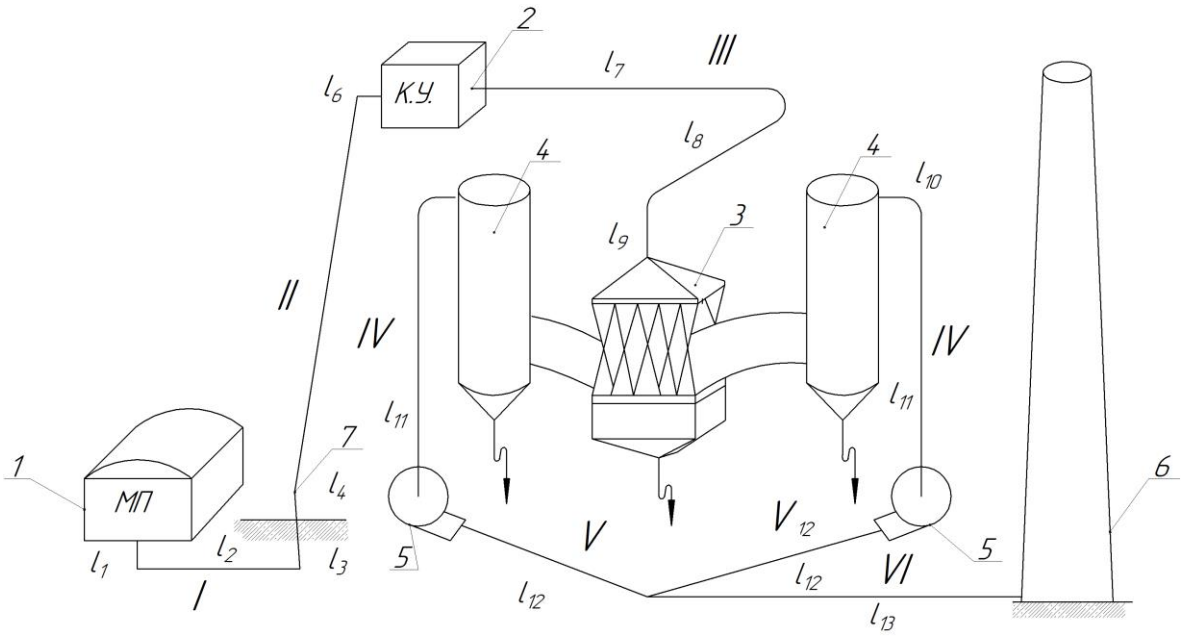
Трубопровод на I ділянці прямокутного перерізу a×b=5×2,5 м.

Еквівалентний діаметр буде рівним:

$$d_э = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b}, \quad (2.28)$$

де a і b – довжина сторін перерізу трубопровода.

$$d_э = \frac{2 \cdot 5 \cdot 2{,}5}{5 + 2{,}5} = 3{,}4 \text{ м.}$$



1 – мартенівська піч; 2 – котел-утилізатор; 3 – блок труб Вентері; 4 – циклон-краплевловлювач; 5 – вентилятор; 6 – димова труба; 7 – засувка

Рисунок 2.4 – Схема газовідвідного тракту мартенівської печі №7

Падіння температури на 1 м довжини приймаємо $0{,}5^0$С (на участках IV, V, VI).

Таким чином, загальний опір газовідвідного тракту в базовому варіанті:

$$\Delta P^{б}_{\text{трак.п.}} = 3000 + 9166 + 755 = 12941 \text{ Па},$$

$$\Delta P^{б}_{\text{трак.б.}} = 3000 + 10865 + 1053 = 14918 \text{ Па}.$$

Загальний опір газовідвідного тракту в проєктному варіанті:

$$\Delta P^{п}_{\text{трак.п.}} = 3000 + 9096 + 775 = 12871 \text{ Па},$$

$$\Delta P^{п}_{\text{трак.б.}} = 3000 + 9715 + 1018 = 13733 \text{ Па}.$$

Аеродинамічний розрахунок димової труби

Призначенням димової труби є природне видалення димових газів теплових установок за рахунок різниць холодного повітря та гарячих димових газів.

Висота димової труби H=86 м, діаметр горловини D_0=2,6 м. Матеріал – цегла.

Швидкість газів в горловині визначається за формулою, м/с:

$$W_0 = \frac{Q_р}{0{,}785 \cdot D_0^2}, \qquad (2.29)$$

де $Q_р$ – витрата газів на ділянці трубопровода перед входом в трубу, $м^3/с$.

Загальний опір димової труби складається з динамічного тиску в газоході, підводить газ до димової труби $Р_д$, опір на виході потоку газів з труби в атмосферу, а також витрат на тертя ($Р_{вих}$ і $\Delta Р_1$), Па:

$$\Delta Р_{общ}=Р_д+Р_{вих}+\Delta Р_1. \qquad (2.30)$$

Динамічний тиск в газоході, підвідний газ до димової труби, Па:

$$Р_д = \frac{\rho_г \cdot W^2}{2}, \qquad (2.31)$$

де $\rho_г$, W – щільність і швидкість газу на ділянці трубопровода перед димовою трубою.

Опір виходу потоку з труби в атмосферу, Па:

$$P_{вих} = \xi \cdot \frac{\rho_г \cdot W_0^2}{2}, \qquad (2.32)$$

де ξ - коефіцієнт місцевого опору. Приймаємо ξ=1,15 [7].

Витрати тиску на тертя визначається за формулою, Па:

$$\Delta P_1 = \lambda \cdot \frac{H}{D_0} \cdot \rho_г \cdot \frac{W^2}{2}, \quad (2.33)$$

де λ - коефіцієнт опору, визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}14 + 2 \cdot \lg \frac{D_0}{K}\right)^2}, \quad (2.34)$$

де К – коефіцієнт шорсткості, для цегляної кладки К=2,5·10^{-3} м.

Продувочний період (базовий та проєктний варіанти).

$$W_{0п} = \frac{51{,}9}{0{,}785 \cdot 2{,}6^2} = 9{,}78 \text{ м/с},$$

$$P_{д.п} = \frac{0{,}970 \cdot 16{,}5^2}{2} = 132 \text{ Па},$$

$$P_{вих.п} = 1{,}15 \cdot \frac{0{,}970 \cdot 9{,}78^2}{2} = 53 \text{ Па},$$

$$\lambda = \frac{1}{\left(1{,}14 + 2 \cdot \lg \frac{2{,}6}{2{,}5 \cdot 10^{-3}}\right)^2} = 0{,}019,$$

$$\Delta P_{1п} = 0{,}019 \cdot \frac{86}{2{,}6} \cdot 0{,}970 \cdot \frac{9{,}78^2}{2} = 29 \text{ Па},$$

$$\Delta P_{общп} = 132 + 53 + 29 = 214 \text{ Па}.$$

Самотяга, обумовлена різницею висот, а також різницею щільностей гарячого і атмосферного повітря по формулі, Па:

$$P_{с.п} = 86 \cdot 9{,}81 \cdot (1{,}17 - 0{,}97) \cdot \frac{100{,}9}{101{,}3} = 168\,\text{Па}.$$

З урахуванням самотяги:

$$\Delta P_{\Sigma п} = 214 - 168 = 46\,\text{Па}.$$

Це означає, що робочий тиск вентилятора потрібно прийняти більше на величину ΔP_{Σ}.

Безпродувочний період (базовий варіант).

$$W_{0б}^{б} = \frac{61{,}6}{0{,}785 \cdot 2{,}6^2} = 11{,}6\,\text{м/с},$$

$$P_{д.б}^{б} = \frac{0{,}927 \cdot 19{,}6^2}{2} = 178\,\text{Па},$$

$$P_{вых.б}^{б} = 1{,}15 \cdot \frac{0{,}927 \cdot 11{,}6^2}{2} = 72\,\text{Па},$$

$$\Delta P_{1б}^{б} = 0{,}019 \cdot \frac{86}{2{,}6} \cdot 0{,}927 \cdot \frac{11{,}6^2}{2} = 39\,\text{Па},$$

$$\Delta P_{общ.б}^{б} = 178 + 72 + 39 = 289\,\text{Па},$$

$$P_{с.б}^{б} = 86 \cdot 9{,}81 \cdot (1{,}17 - 0{,}927) \cdot \frac{100{,}9}{101{,}3} = 206\,\text{Па}.$$

Це означає, що робочий тиск димососа потрібно приймати більше на величину $\Delta P^{б}_{\Sigma б}$.

Безпродувочний період (проєктний варіант).

$$W_{0б}^{п} = \frac{59,6}{0,785 \cdot 2,6^2} = 11,2 \text{ м/с},$$

$$P_{д.б}^{п} = \frac{0,959 \cdot 18,9^2}{2} 171 \text{ Па},$$

$$P_{вих.б}^{п} = 1,15 \cdot \frac{0,959 \cdot 11,2^2}{2} = 69 \text{ Па},$$

$$\Delta P_{1б}^{п} = 0,019 \cdot \frac{86}{2,6} \cdot 0,959 \cdot \frac{11,2^2}{2} = 38 \text{ Па},$$

$$\Delta P^{п}_{общ.б} = 171+69+38 = 278 \text{ Па},$$

$$P_{с.б}^{п} = 86 \cdot 9,81 \cdot (1,17 - 0,959) \cdot \frac{100,9}{101,3} = 177 \text{ Па}.$$

Це означає, що робочий тиск димотяга потрібно приймати більше на величину $\Delta P^{п}_{Σб.}$

З урахуванням самотяги:

$$\Delta P_{б}^{п} = 278-177 = 101 \text{ Па}.$$

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Характеристика ступеня досконалості технологічного процесу мартенівського цеху з гігієнічної точки зору

Мартенівський цех являє собою складний виробничий комплекс. Відмінністю операцій з виплавки сталі в мартенівських печах визначається відмінність умов праці в шихтовому дворі, пічному прольоті, розливному прольоті, міксерному відділенні. Виробниче середовище у відділеннях мартенівського цеху однорідне; в ньому містяться різні шкідливості, що утворюються (надлишкове тепло, шкідливі для здоров'я гази, пил).

Важливим гігієнічним фактором є мікроклімат. У виробничих умовах у гарячому цеху одним із важливих елементів, що визначають мікроклімат вробничих приміщень, є інфрачервоне випромінювання.

Метеорологічні умови виробничого середовища визначаються поєднанням низки факторів: температурою, відносною вологістю та рухливістю повітря. Значна зміна метеорологічних умов може спричинити порушення теплообміну організму і зовнішнього середовища, що призводить до перегрівання або охолодження організму. Санітарні норми вимагають, щоб у робочій зоні забезпечували нормальну температуру, відносну вологість, нормальну рухливість повітря [8].

Завданням сьогодення і найближчого майбутнього – унеможливити порушення санітарних норм і правил техніки безпеки, а також систематично працювати над подальшим поліпшенням умов праці. До цього спрямований увесь комплекс оздоровчих і профілактичних заходів, що здійснюються в мартенівському цеху.

Таким чином, стан здоров'я працівників мартенівського цеху на будь-якій ділянці залежить від умов праці. Тривала або інтенсивна дія несприятливих чинників може призвести до професійних захворювань, а

також зниження життєвого тонусу та працездатності. Однак тяжкі наслідки можуть мати місце лише там, де немає необхідних заходів профілактики і порушуються санітарні норми та правила техніки безпеки.

3.2 Аналіз потенційно шкідливих факторів виробничого середовища

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

Джерелами теплових і світлових випромінювань є факел полум'я, нагріте до високої температури вогнетривке футерування внутрішнього простору печі та поверхня розплавленого металу і шлаку, вплив яких проявляється за відкритих вікон печі. Крім того, джерелами випромінювань є чавун, що заливається, рідкий шлак, розплавлений метал під час випуску і розливання сталі. Усі джерела мають температуру, що перевищує 500°С, тому спектр випромінювання містить світлові та інфрачервоні промені. Інтенсивність опромінення на робочих місцях від 0,01 до 10,5 кВт/м^2 [8].

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

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

При тривалому перебуванні людини в зоні інфрачервоного випромінювання, як і за систематичного впливу високої температури, відбувається порушення водно-сольового балансу, що спричиняє так звану судомну хворобу. Порушення теплового балансу спричиняє захворювання, яке називається тепловою гіпертермією або перегрівом [9].

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

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

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

Під час технологічного процесу також виділяються газоподібні шкідливі речовини. Основним джерелом забруднення повітряного середовища цеху газовими виділеннями є мартенівська піч. Під час вибивання язиків полум'я з-під заслінок вікон, відчинення вікон печі, а також під час випуску та розкислення сталі з робочого простору печі та з ковша виділяються гази. Іноді виділення газів виникає внаслідок порушення цілісності газових комунікацій [8].

У повітря робочої зони потрапляють такі газоподібні речовини: CO, SO_2, NO та ін. Оксид вуглецю (II) є продуктом неповного згоряння палива або утворюється в результаті фізико-хімічних реакцій у процесі плавки. CO надходить в організм людини через дихальні шляхи. Через утворення карбоксигемоглобіну різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може настати кисневе голодування. Головним чином, це впливає на

функції центральної нервової системи. Сірчаний ангідрид має подразнювальну дію. У разі контакту з біологічними органами він спричиняє запальну реакцію, причому насамперед страждають органи дихання, шкіра і слизові оболонки очей.

Оксид азоту (II) потрапляє в організм через дихальні шляхи й утворює в крові метгемоглобін. У робітників може виникнути кашель, задуха, задишка. У важких випадках може розвинутися набряк легенів. Спостерігаються також головні болі, серцева слабкість [10].

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

3.3 Розроблення заходів щодо запобігання небезпечним і шкідливим чинникам

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

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

2. Для захисту від пиловиділень застосовується місцева вентиляція. Застосування засобів індивідуального захисту органів дихання, зокрема респіратора ШБ-2 «Лепесток», усуває вплив пилу на організм працюючих [8].

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

4. Для захисту тіла працюючих застосовують костюми, виготовлені з теплозахисних матеріалів. За останні роки для виготовлення спецодягу розроблено багато нових матеріалів, що мають підвищену стійкість до агресивних середовищ. Створено нові захисні просочення, що збільшують термін носіння спецодягу за одночасного поліпшення захисних властивостей. Голову робітника захищають каскою або шоломом. Існують різноманітні види спецвзуття відповідно до умов робочого середовища. Часто його роблять на нековзкій підошві, стійкій до впливу забруднень робочого середовища. Спеціальне взуття забезпечує захист працюючих від механічних травм, хімічних і теплових опіків, високих температур, пилу, вологи. Вони поділяються на: чоботи, черевики, туфлі, калоші.

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

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

3.4 Технічне рішення з виробничої санітарії в мартенівському цеху

Завод «Запоріжсталь» розташований у промисловому районі міста на деякій відстані від житлового району. Санітарно - захисна зона повинна становити не менше 1000 м.

Територія промислового майданчика має бути максимально озелененою. Озеленення території проводиться з метою створення захисних зон, що зменшують поширення шумів і забруднень, поліпшення умов праці робітників, у тому числі організації місць відпочинку на відкритому повітрі.

Зелені насадження розташовують не ближче 5 м від зовнішніх стін будівель.

Будівля пічного прольоту мартенівського цеху довжиною 450 м і шириною 50 м має прямокутну форму. Висота, яка визначається санітарно-гігієнічними вимогами і можливістю використання кранового обладнання, становить 25м. Така велика висота будівлі сприяє кращій аерації та швидкій евакуації шкідливих речовин з робочої зони.

Уздовж усієї будівлі пічного прольоту на середині даху влаштовують ліхтар, що не задихається. З обох боків ліхтаря встановлюють аераційні щити. Основне призначення ліхтаря - забезпечити хорошу аерацію у виробничому приміщенні, а також дати додаткове верхнє освітлення в денний час. Конструкція фрамуг і ліхтаря повинна виключати можливість потрапляння в будівлю атмосферних опадів.

Під час розміщення обладнання пічного прольоту мартенівського цеху враховано всі фактори, що впливають на правильну організацію праці, її продуктивність і безпеку.

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла в мартенівському цеху потрібен значний повітрообмін, особливо в літній час.

Вентиляція досягається переміщенням повітря: забрудненого - з приміщення і свіжого - в приміщення.

Природний повітрообмін у виробничому приміщенні відбувається під впливом двох чинників: різниці температур, що створює тепловий тиск, і дії вітру, що створює вітровий тиск.

У мартенівському цеху для припливу зовнішнього повітря влаштовано прорізи в зовнішніх стінах, причому низ прорізів розташований на висоті 2 м. Для збільшення теплового тиску на будівлі знаходяться витяжні шахти. На витяжних шахтах установлено дефлектори, що дають змогу збільшити повітрообмін завдяки вітровому напору.

Таке розміщення отворів необхідне для того, щоб збільшити повітрообмін влітку (шляхом відкривання обох рядів отворів), а взимку,

закривши нижні отвори, зменшити його і забезпечити підігрів повітря, яке надходить за рахунок тепла приміщення, перш ніж воно дійде до робочих місць.

У мартенівському цеху в пічному прольоті на місцях постійного перебування робітників, які піддаються впливу інфрачервоного випромінювання інтенсивністю понад 350 Вт/м^2, для усунення перегріву організму робітників припливне повітря спрямовується безпосередньо на поверхню тіла робітника у вигляді так званого «повітряного душування». Швидкість повітря залежить від інтенсивності інфрачервоного випромінювання і категорії робіт.

Тепловиділення від металу, що остигає:

$$Q_м = P \cdot C \cdot (T_{нач.} - T_{кон}) = 1500 \cdot 0{,}14 \cdot (1030 - 90) = 197400 \text{ Дж/с},$$

де С=0,14 Дж/(кг·К) - теплоємність металу.

Загальна кількість теплоти, що виділяється в цеху від мартенівських печей і металу, що остигає:

$$Q_{заг} = Q_п + Q_м = 22533 + 197400 = 219933 \text{ Дж/с}.$$

Приймаємо втрати теплоти через огородження будівель цеху, рівними 20% від загального надходження теплоти. Тоді надлишкова кількість теплоти:

$$Q_{над} = Q_{заг} \cdot 0{,}8 = 219933 \cdot 0{,}8 = 175945 \text{ Дж/с}.$$

Кількість повітря, яке необхідно ввести для видалення надлишкової теплоти:

$$V_{воз} = \frac{3600 \cdot Q_{изб}}{C_в \cdot (T_{ух} - T_{нар})} = \frac{3600 \cdot 175945}{1{,}256 \cdot (30 - 20)} = 50426 \text{ м}^3\text{/год}.$$

де Св – об’ємна теплоємність повітря, кДж/(м^3·К).

Кратність повітрообміну:

$$K = \frac{V_{воз}}{V_{пом}} = \frac{50426}{5000} = 10.$$

Тобто повітря в приміщенні протягом години обмінюється 10 разів.

На будівлі мартенівського цеху влаштовано витяжну шахту, що височіє над коником даху будівлі на 1 м.

Велике значення для нормалізації роботи персоналу в умовах значних тепловиділень має раціональний режим праці та відпочинку, що включає регламентований відпочинок, влаштування кімнат відпочинку з подачею кондиціонованого повітря, а також водні процедури - напівдуші, обмивання, обтирання [11].

Для запобігання перенапруження організму внаслідок поєднання впливу фізичного, теплового та нервово-емоційного навантажень, необхідна регламентація праці та відпочинку робітників, зокрема, сталеварів.

Період безперервного виконання операцій в умовах надлишкового тепла не більше 10 хв.

Після 2-ї години роботи встановлюється 15-хвилинна перерва, яка має проходити в кімнаті відпочинку.

Для забезпечення адаптації до умов мартенівського цеху в перші 2-3 тижні молоді робітники, а також робітники після перенесених захворювань і після відпустки повинні виконувати роботу легкої та середньої тяжкості з поступовим збільшенням навантаження. Обов’язкові 8-10 хв перерви на відпочинок.

Кімнати відпочинку обладнуються в герметичному, звукоізольованому (рівень шуму не більше 50 дБА) приміщенні з кондиціюванням повітря, установками-автоматами ОМ-1 для проведення оксигенопрофілактики, напівдушем, кріслами для прийняття зручної для розслаблення м’язів пози.

Розвиток професійних і виробничо зумовлених захворювань, а також несприятливих змін у стані здоров’я працюючих унаслідок дії шкідливих виробничих чинників у кожному випадку певною мірою залежить від вихідного стану здоров’я працівника. У міру зниження інтенсивності дії виробничих факторів вплив вихідного стану здоров’я певної групи працюючих на ймовірність розвитку патологічного процесу зростає. Тому поряд із технологічними, планувальними, технічними та іншими заходами щодо зниження інтенсивності дії виробничих чинників велику увагу приділяють заходам щодо підвищення опірності організму працюючих їхній дії. Зазначені заходи здійснюються в рамках медико-санітарного обслуговування працюючих і включають:

а) медичні огляди (попередні під час влаштування на роботу, і періодичні - протягом строку трудової діяльності) працюючих у шкідливих умовах;

б) використання лікувально-профілактичного харчування;

в) використання адаптогенів, лікарських засобів природного походження з метою патогенетичної профілактики несприятливої дії чинників виробничого середовища [11].

Для підтримання вітамінного балансу в організмі робітників рекомендується вітамінізований напій на чайній основі, молочно-кислі напої.

Питні точки мають бути розташовані поблизу робочих місць.

Їжа працюючих має бути різноманітною, багатою на вітаміни.

Для підвищення опірності організму до контрастних температур, застудних та інших захворювань рекомендується відвідування оздоровчого комплексу: водні процедури (сауна-басейн-душ-обтирання), інгаляторій, фізіотерапевтичний кабінет тощо [12].

Через вміст у повітрі робочої зони марганцю, необхідно в харчування включати продукти з високим вмістом кальцію.

3.5 Інженерна розробка заходів захисту від надлишкового тепла мартенівського цеху пічного прольоту

За проведеним вище аналізом видно, що найбільш небезпечним та шкідливим фактором виробничого середовища у мартенівському цеху є надлишкове тепло. Таким чином, мартенівський цех відноситься до гарячих цехів.

Робочі мартенівського цеху, зокрема сталевари, зазнають впливу інфрачервоного опромінення інтенсивністю 1,05...3,5 кВт/м^2. Це перевищує ПДК; отже, необхідно захищати робочі місця від впливу зайвого тепла.

Для захисту працюючих та покращень умов праці застосовують такі заходи: теплоізоляцію поверхонь, що випромінюють тепло, за допомогою водоохолоджуваних екранів, рам, щитів, завіс та ін; природну та механічну вентиляцію; водорозпилювання на робочих місцях; повітряне душування; спецодяг; раціональну організацію режиму праці та відпочинку; будову спеціальних місць та кімнат відпочинку [12].

Для ослаблення впливу теплових випромінювань на організм людини в мартенівському цеху встановлено раціональний питний режим постачання робітників підсоленою газованою водою, білково-вітамінним напоєм тощо.

Для охолодження та зменшення впливу надлишкового тепла в мартенівському цеху можна застосовувати дрібнодисперсне розпилення води. Діаметр крапельок не повинен перевищувати 50-60 мкм. Водяний пил, потрапляючи на одяг і тіло працюючого, випаровуючись сприяє охолодженню, а водяний пил, що вдихається, оберігає слизові оболонки дихальних шляхів від висихання. Кількість розпорошеної води має становити приблизно 11 г/хв. [9].

При інтенсивності опромінення >2100 Вт/м^2 повітряний душ може забезпечити відповідне охолодження.

Тому потрібно зменшити опромінення, передбачивши захисні екрани.

Теплозахисний екран дозволяє локалізувати джерело променистої

теплоти, зменшити опроміненість на робочих місцях та знизити температуру поверхонь, що оточують робоче місце.

Всі екрани можна розділити на теплопоглинальні, тепловідвідні та тепловідбивні залежно від принципу уловлювання та відведення тепла.

Для застосування в мартенівському цеху при захисті від теплового випромінювання сталеварів пропонується використовувати екрани, що відводять тепло. Екрани цього виду є порожнистими звареними плитами із сталевих листів товщиною 5 мм і більше, в яких циркулює технічна вода і повітряно-водяна суміш.

Для стінок 500 т мартенівської печі основна частка енергії випромінюється на ділянці спектра $\lambda = 3.5 - 12$ мкм. Шар води 20мм поглинає випромінювання, починаючи з $\lambda = 1.5$ мкм. Тому застосування екранів із проточною водою можливе для огородження стін будь-яких металургійних печей.

Площа перерізу зливної труби на 40% більше живильної. У разі перебоїв у подачі води плита екрану залишається заповненою, а відкритий злив забезпечує вихід пари, що утворюється.

Екрани встановлюють в зоні прорізів, що відкриваються на відстані 500…600 мм від гарячої поверхні і на відстані 15…20мм від поверхні без прорізів, в результаті чого теплопередача конвекцією в робочу зону значно знижується.

Тепловідвідне екранування поверхні печей повинно забезпечувати температуру зовнішньої поверхні екрану не вище 30...35°С у робочій зоні (але не нижче 20°С) і 40...45°С поза робочою зоною.

Розглянемо екран, що складається із короба, розділеного перегородкою на дві порожнини. Вода надходить у зовнішню порожнину, нагрівається на 5-6 ^{0}С і перетікає через вікно в нижній частині перегородки в порожнину, що піддається опроміненню. У цій порожнині є лабіринтні ребра, внаслідок чого швидкість води зростає. При цьому збільшується коефіцієнт тепловіддачі від екрану до води і, отже, зростає поглинання тепла. Товщина екрану

50…120мм залежно від величини опроміненості, розміри екрану 1×1.5, 1.5×2 м та ін.

Виконаємо розрахунок тепловідвідного екрану для захисту від теплового випромінювання біля бічної стінки мартенівської печі температурою 180^0. Стінка виконана з вогнетривкої цегли. Розмір одного екрану 1×1.5м. Матеріал екрану – окислена оцинкована сталь. Температура проточної води 18^0С. Температуру екрану приймемо 33^0С.

Кількість тепла, передана випромінюванням 1м^2 гарячої стінки воді, Вт/м^2:

$$q_u = \varepsilon_{np} \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_2}{100} \right)^4 \right],$$

де $\varepsilon_{пр}$ – наведений ступінь чорноти;

C_0 - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла,

рівний 5.67 Вт/м^2·К^4;

T_1 - температура гарячої стінки, К (з урахуванням зростання її при екрануванні на 30…40%), T_1=180·1.3+273=507 К;

T_2 - температура стінки екрану, T_2=306 К.

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1},$$

де ε_1 і ε_2– ступінь чорноти відповідно гарячої стінки та сталевого аркуша екрану, ε_1=0.85, ε_2=0.276.

Тоді

$$\varepsilon_{\text{пр}} = \frac{1}{1/0.85 + 1/0.276 - 1} = 0.262,$$

$$q_{\text{и}} = 5.67 \cdot 0.62 \cdot \left[\left(\frac{507}{100} \right)^4 - \left(\frac{306}{100} \right)^4 \right] = 851 \text{ Вт/м}^2,$$

$$q_и = 851 \cdot 0.001 \cdot 3600 \cdot {}^{1}\!/_{4.186} = 732 \text{ ккал/ м}^2\text{·год.}$$

Необхідна кількість води на екран, кг/год:

$$G = \frac{a \cdot q_и \cdot f}{C \cdot \left(t_{ух} - t_п\right)},$$

де а – коефіцієнт поглинання інфрачервоних променів матеріалом екрану та водою, а = 0.9;

$q_и$– кількість тепла, передана випромінюванням з 1м^2 гарячої стінки воді, ккал/ м^2·год;

f - площа екрану, м^2, f=1·1.5=1.5 м^2;

$t_{ух}$ - температура води, що йде (не більше 35^{0}С), приймаємо $t_{ух}$ = 33^{0}С;

$t_п$ – температура виробничої води, приймаємо $t_п$=18^{0}С.

Тобто:

$$G = \frac{0.9 \cdot 732 \cdot 1.5}{0.98 \cdot \left(33 - 18\right)} = 67 \text{ кг/год.}$$

Тепловідвідний екран вимагає постійного догляду: періодичного чищення коробів від мулу, що накопичився, і постійного спостереження за напором води.

Як засіб індивідуального захисту сталевар у мартенівському цеху повинен використовувати спецодяг з незаймистого, стійкого проти променистої енергії, легкого та повітропроникного матеріалу (сукно, брезент, хімічно оброблене волокно з металевим покриттям тканин). Для захисту очей необхідно використовувати скло-світлофільтри у вигляді окулярів, щитків. Вони виконуються із спеціального жовто-зеленого або синього скла. Передбачається спеціальне шкіряне взуття.

Місце відпочинку у мартенівському цеху відокремлюється від виробничого майданчика склоблоками; для нього відводиться площа 2×3 м заввишки 2,3 м. Для усунення повітряної теплової подушки в перекритті виконується природна вентиляція [21].

3.6 Електробезпека

Під електробезпекою розуміється система організаційних та технічних заходів, спрямованих на захист організму людини від шкідливих та небезпечних факторів впливу електричного струму, електричної дуги та електромагнітного випромінювання.

Пристрій та експлуатація електротехнічних установок повинні відповідати обов'язковим для всіх підприємств Правилам устаткування електротехнічних установок (ПУЕ) та Правилам технічної експлуатації та безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств [9].

З урахуванням середовища в приміщенні пічного прольоту мартенівського цеху його можна віднести до особливо небезпечного приміщення для ураження електричним струмом. Тут є такі чинники: підвищена температура повітря 38 – 43^{0}С; струмопровідні підлоги; можливість одночасного дотику людини до з'єднань із заземленням технологічних апаратів з одного боку і до металевих корпусів електрообладнання – з іншого.

У будівлі мартенівського цеху, незважаючи на тепловиділення, в холодну пору року мікроклімат характеризується досить низькою температурою внаслідок великих повітрообмінів, що застосовуються для видалення шкідливих газів. Вологість повітря у приміщенні цеху залежить і визначається вологістю зовнішнього повітря.

Мартенівський цех ВАТ «Запоріжсталь» оснащений великою кількістю електроапаратури, електродвигунів (Д-816, Д-812, Д-808, ДП-21, Д-12, П-22, МТКF-111-6, МТКF-211-6, ВАТ -2-315-8, 4-АМ-250-М8 та ін.). У цеху

використовується різноманітне електрообладнання: заливальні та розливні крани; завалювальні та заправні машини; сталевозні та шлаковозні візки; щити управління технологічним процесом, допоміжне обладнання в процесі технологічного процесу та ін.

Механізми підйому і переміщення кранів заливки і розливу мають дводвигуновий привід. На механізмі головного підйому крана встановлюють чотири електромагнітні гальма, по два на кожний привід. Загальна потужність електродвигунів розливу вантажопідйомністю 260/75/15 т становить 500 кВт. На кранах застосовується напруга 220В.

Максимальна напруга, яка використовується в мартенівському цеху 6кВ або 6000В; знаючи про те, що в установках напругою вище 1000В до 35кВ включно, за технологічними вимогами вибираємо чотирипровідну схему з глухозаземленою нейтраллю напругою 220/380В. Вона дозволяє використовувати два робочі режими напруги: лінійне 380В – для живлення силового навантаження, та фазне 220В для живлення освітлювального навантаження.

Вибір чотирипровідної мережі з глухозаземленою нейтраллю зумовлений також тим, що в мартенівському цеху неможливо забезпечити хорошу ізоляцію проводів через їхню велику протяжність, швидко відшукати і усунути пошкодження ізоляції.

Мережі з глухозаземленою нейтраллю мають переваги, які полягають у відсутності впливу опору мережі щодо землі на струм ураження та автоматичному відключенні ділянок із пошкодженою ізоляцією при замиканнях на корпус.

Захисні заходи, що вживаються в електроустановках, поділяються на заходи, що забезпечують безпеку при нормальному режимі роботи електроустановок, та забезпечують безпеку при аварійному стані електроустановок.

У мартенівському цеху передбачені такі захисні заходи:

1. Контроль та профілактичні випробування. Види контролю:

візуальний; контроль ізоляції за допомогою спеціальних приладів; контроль ізоляції на «пробій» випробувальною напругою (в 5-6 разів більше за номінальну);

2. Застосування попереджувальної сигналізації, написів та плакатів, захисних блокувань та огорож електроустановок для попередження помилкових дій. Огородження та блокування необхідних для виключення можливості дотику або небезпечного наближення до неізольованих частин обладнання;

3. Захисне занулення (в електричних мережах напругою до 1000 В) - приєднання корпусів та інших конструктивних металевих частин електрообладнання до неодноразово заземленого нульового проводу. Завдяки навмисно виконаному за допомогою нульового захисного провідника металевого зв'язку корпусів обладнання з глухозаземленою нейтраллю джерела живлення, будь-яке замикання на корпус перетворюється на однофазне коротке замикання з наступним автоматичним відключенням аварійної ділянки від мережі апаратами захисту (запобіжники). При замиканні на корпус фаза виявиться з'єднаною коротко з нульовим проводом, завдяки чому через захист потече струм короткого замикання, який і викличе перегорання запобіжника. Як нульові проводи використовують сталеві смуги. Для зменшення небезпечної напруги нульовий провід з'єднують із заземленням.

При виконанні ремонтних робіт на електроустановках необхідно виконувати такі вимоги: обов'язкове відключення напруги в мережі або даної електроустановки; при вимкненій напрузі обов'язкове застосування індивідуальних засобів захисту від ураження електричним струмом.

Систематично повинні проводитися огляди електроустановок, підтримка їх у працездатному стані, застосування міжремонтного обслуговування все це значно підвищує надійність та безпеку обладнання. Огляди електроустановок проводяться з метою виявлення несправностей, з'єднання струмоведучої частини із землею [12].

До основних електрозахисних засобів, що застосовуються в електроустановках напругою до 1000В, відносяться: ізолюючі штанги (оперативні, для накладання заземлення); ізолюючі та електровимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавички; слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками.

До додаткових електрозахисних засобів відносяться: діелектричні калоші та боти, діелектричні килимки, ізолюючі підставки та накладки, огороджувальні пристрої, плакати та знаки безпеки.

Застосування двох або більше додаткових електрозахисних засобів не замінює головне.

В особливо небезпечному приміщенні для переносного освітлення слід застосовувати напругу не вище 12В [10].

Як джерело живлення напругою до 42В слід застосовувати понижуючі трансформатори.

Для ручного інструменту (зварювальний апарат) застосовується напруга 12В.

Для захисту від ураження працюючих електричним струмом у мартенівському цеху здійснюється занулення невідповідних металевих частин електроустановок.

Занулення підлягає обладнання ділянки мартенівської печі. Це електропривід механізмів шихтоподачі: механізм пересування вагон-вагів, який має два постійних струми послідовного збудження з реостатно-контакторним керуванням; механізм обертання барабанів затвора бункера з двома двигунами постійного струму послідовного збудження з реостатно-контакторним керуванням.

3.7 Пожежна безпека

На комбінаті «Запоріжсталь» пожежі відбуваються не через небезпеку систем технологічних процесів. Усі пожежі є наслідком грубих порушень

трудової та технологічної дисципліни, недбалості, незнання і невиконання персоналом елементарних правил пожежної безпеки. Із цього випливає, що за дотримання протипожежних правил пожежі виникають рідко.

Виникнення пожежі завдає великої шкоди не тільки цеху, а й створює загрозу життю людей.

Наслідки пожежі виявляються особливо тяжкими, коли вона призводить до вибуху. Водночас вибух може бути не тільки наслідком пожежі, а і її причиною.

Причини виникнення пожежі в мартенівському цеху різноманітні: недоліки в будівельних конструкціях, спорудах, плануванні приміщень, улаштуванні комунікацій; порушення режимів технологічних процесів; неправильне проведення робіт; необережність і недбалість персоналу.

При влаштуванні мартенівського цеху необхідно здійснювати великий комплекс заходів щодо протипожежної безпеки [9].

Будівельні матеріали та конструкції за здатністю до займання поділяються за зазначеними нормами на три групи: вогнетривкі, важкогорючі і такі, що згоряють.

Згоряючі матеріали під впливом вогню або високої температури займаються або тліють і продовжують горіти або тліти після видалення джерела нагріву; важкогорючі матеріали важко запалюються, тліють або обвуглюються, а після видалення джерела вогню горіння або тління припиняється; вогнестійкі матеріали під впливом вогню або високої температури не спалахують, не тліють і не обвуглюються.

Ступінь вогнестійкості будівлі залежить від ступеня займистості та межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій будівлі. Усі будівлі та споруди за вогнестійкістю поділяють на п’ять ступенів: I, II, III, IV и V [12].

Межі вогнестійкості частин будівлі найвищі в будинках I ступеня вогнестійкості; у будинках кожного наступнго ступеня вогнестійкості вони нижчі, ніж попередня. Частини будівлі, що згорають, не мають межі вогнестійкості. Протипожежні стіни повинні мати межу вогнестійкості не

менше 2,5 год.

Залежно від категорії пожежної небезпеки процесу вибирають ступінь вогнестійкості будівлі, площу поверху між протипожежними стінами і кількість поверхів.

Для видалення з будівлі при пожежі продуктів горіння передбачають димові люки в даху або стінах. Влаштування таких люків обов'язкове за відсутності ліхтарів або вікон. Площу димових люків розраховують залежно від швидкостей вигоряння речовин і закінчення продуктів згоряння через люки [9].

При автоматичному і дистанційному управлінні мартенівським процесом, а також в інших випадках відсутності персоналу для можливо більш раннього виявлення пожежі, що почалася, і оповіщення необхідні автоматичні пристрої.

Установка електричної пожежної сигналізації складається з датчиків, приймальної станції з джерелами живлення та лінійної мережі. Від сповіщувачів повідомлення у вигляді електричних імпульсів передається по проводах на приймальну станцію і фіксується там оптичними, акустичними або записуючими приладами. Лінійні дроти постійно перебувають під контрольним струмом; несправність проводів виявляється автоматично. Сповіщувачі підключаються до приймальної станції за променевою або шлейфною системою [9].

При променевій системі кожен сповіщувач з'єднаний приймальною станцією самостійно парою проводів, при шлейфній всі сповіщувачі послідовно включені в однопровідну лінію, початок і кінець якої входять в приймальний апарат. Завдяки наявності заводного механізму з кодовим колесом здійснюється посилка коду у приймальний апарат.

Сповіщувачі бувають ручної дії та автоматичні; останні застосовують лише при променевій системі.

При випуску металу та шлаку забороняється використання ковшів та виливниць з важливими матеріалами, тому що в таких умовах обов'язково

відбудеться викид або розбризкування металу (шлаку). Тому на місцях розливання не повинно бути жодних горючих матеріалів.

Всі електричні кабелі та пристрої газопроводів біля місць розливки металу та випуску шлаку повинні бути захищені від механічних пошкоджень, впливу променистого тепла, а також від потрапляння бризок металу та шлаку.

У фундаментів мартенівських печей не можна складувати будь-які горючі матеріали, відходи виробництва. Дахи та навіси ливарних дворів повинні регулярно очищатися від пилу.

Найбільш ймовірні місця загоряння газу - нещільності в з'єднаннях, що пропускають газ; приміщення, що погано провітрюються, де знаходиться апаратура під тиском; газові тракти з горючим газом, при потраплянні в які повітря утворюється вибухонебезпечна суміш. Небезпека вибуху газу зростає при зупинці печі, так як при цьому з неї припиняється вихід газу, а газ, що залишився в мережі, охолоджуючись і зменшуючись в обсязі, створює розрідження, що викликає приплив повітря. Щоб уникнути вибуху при зупинці печі в газові тракти повинен подаватися пар [10].

Вогнегасіння - припинення горіння в умовах пожежі здійснюється шляхом виключення необхідних для пожежі умов.

Гасіння пожежі на трактах подачі газу може здійснюватися такими способами: відривом полум'я сильними струменями води, пари, стисненого повітря або азоту; закладенням місця прориву газу густим розчином глини, сіткової маси; забивання пробки в отвір, що пропускає газ, і чеканкою отворів азбестом; накладенням пластиру з азбестового полотна з одночасним рясним змочуванням водою; зниження тиску до 500Па; заповненням газопроводу паром. Після закінчення гасіння газового полум'я необхідно забезпечити припинення виходу газу в атмосферу, щоб уникнути її отруєння та створення вибухонебезпечної газоповітряної суміші.

Під час зупинки печі на трактах подачі коксового газу виникає небезпека вибуху внаслідок самозаймання піроформних відкладень. Ця

небезпека усувається шляхом подачі до газопроводів пари. Встановлено, що самозаймання пірофорних відкладень може статися через 15хв після надходження повітря до газового тракту. Тому інтенсивне продування має бути проведене в перші 5хв.

У разі пожежі горіння розвивається швидко. Тому легше ліквідувати пожежу на самому початку, не допускаючи її поширення. Успіх ліквідації пожежі залежить від швидкості її виявлення та оповіщення про неї, швидкості введення в дію та ефективності засобів гасіння. Після ліквідації пожежі необхідно перевірити стан будівлі та обладнання.

Продукти згоряння при пожежі є дисперсними твердими частинками, пара і гази. Температура їх нагрівання залежить від теплоти згоряння речовин, швидкостей згоряння та розповсюдження полум’я, обсягу будівлі та повітрообміну.

При виникненні пожежі необхідно негайно, до прибуття пожежного підрозділу, привести в дію відповідні підручні засоби гасіння, перевірити включення автоматичних систем гасіння, евакуювати вогненебезпечні матеріали та цінне обладнання, відключити подачу електроенергії, горючих речовин та кисню, перекрити комунікації, за якими можливе поширення пожежі, повідомити про пожежу пожежну охорону.

У процесі горіння при пожежі виділяються інертні гази (азот, вуглекислота та пари води), горючі гази (окис вуглецю, вуглеводні, метан) та інші шкідливі, агресивні або отруйні гази, дим. Склад горючих газів залежить від виду згоряючих матеріалів, а також від інтенсивності горіння.

Шкідливі агресивні чи отруйні гази утворюються при згорянні вогнезахисних покриттів, деревини та інших матеріалів. Реакція горіння припиняється, якщо утворення теплоти в результаті горіння буде менше її втрат у навколишнє середовище. Різні тверді, рідкі та газоподібні речовини, що застосовуються для гасіння пожеж, повинні мати високий ефект гасіння, швидко припиняти горіння при відносно малій витраті, не завдавати шкоди організму людини при використанні та зберіганні, не шкідливо впливати на

предмети та матеріали при гасінні пожеж, бути дешевими.

Для охолодження вогнищ горіння застосовують вогнегасні речовини з великою теплоємністю, питомою теплотою пароутворення або плавлення, здатні швидко поширюватися по поверхні палаючих речовин, вбиратися і проникати в глиб них.

Як вогнегасні речовини використовують воду, інертні гази, хімічну і повітряно-механічну піну, тверду вуглекислоту, пісок, спеціальні флюси, кошми. Протипожежне водопостачання – це комплекс пристроїв для подачі води до місця пожежі. Протипожежний водопровід розраховують на подачу необхідної для гасіння пожежі кількості води під відповідним натиском протягом не менше 3 год.

Розрізняють водопроводи високого та низького тиску. Напір повинен бути таким, щоб створювався струмінь води висотою не менше 10м: у водопроводах низького тиску - від рівня землі, а у водопроводах високого тиску - від рівня найвищої точки будівлі.

Протипожежний водопровід знаходиться в пічному прольоті мартенівського цеху, а також у багатьох місцях розливного прольоту та міксерного відділення.

Найбільш поширені, надійні та дешеві автоматичні установки водяного гасіння. У якості вогнегасних засобів у них використовуються крапельні водяні струмені, водно-хімічні піни та емульсії, повітряно-механічні піни з додаванням змочувачів.

Дренчерне обладнання – сухопутна система; дренчерні головки постійно відкриті. Це обладнання використовується в основному для створення по периметру будівлі водяних завіс, що перешкоджають розповсюдженню пожеж [12].

З метою скорочення інерційності спрацьовування дренчерні установки можуть бути заливними, в яких трубопроводи до рівня отвору найбільш низькорозташованого зрошувача заповнені водою. У розподільній мережі дренчерні зрошувачі встановлюються головками вгору.

Для гасіння пожеж застосовують також й інші різні стаціонарні установки: вуглекислотні, хімічні, пінні та ін.

Вогнегасники - апарати для гасіння пожеж, що починаються різними вогнегасними речовинами. Зазвичай це - міцні металічні судини циліндричної форми різного об’єму.

Вуглекислотні та хімічні стаціонарні установки знаходяться на складах, прилеглих до мартенівського цеху. Пінні апарати встановлені протягом усього пічного прольоту мартенівського цеху.

Дренчерне обладнання знаходиться по периметру всього мартенівського цеху.

Рідинні вогнегасники дають струмінь водного розчину солей (хлористого магнію, хлористого кальцію, бури, кухонної солі, тощо), пінні – хімічної піни (рідкої або густої), газові – вуглекислого газу (зазвичай у суміші зі сніжною вуглекислотою, парами брометила та ін), сухі - порошкоподібної суміші мінеральних солей (головним чином на основі бікарбонату натрію).

Струмінь вогнегасної речовини викидається з вогнегасника: а) під власним тиском (у вуглекислотних вогнегасниках); б) під тиск вуглекислого газу, що утворює в результаті хімічної реакції між водними розчинами лужної і кислотної частин заряду при приведенні вогнегасника в дію (у пінних хімічних вогнегасниках); в) механічно, за допомогою стиснутого газу з окремого балона або безпосередньо з корпусу вогнегасника (у повітряно-пінних і порошкових вогнегасниках).

Для гасіння пожеж легкозаймистих рідин або дорогого обладнання застосовують установки хімічного гасіння, в яких використовують вуглекислоту або спеціальні вогнегасні склади на основі брометилових та брометиленових сполук. Установки мають механічний, пневматичний або електричний привід з ручним дублюванням [12].

4. ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

4.1 Структура та організація управління ділянкою пиловловлення та газоочищення

Організація управління спрямована на координування діяльності колективу цеху та окремих працівників, унаслідок чого збільшується продуктивність праці, ефективність виробництва.

Планування організаційної структури управління ділянкою газоочищення включає визначення складу і змісту функцій, ступеня їх централізації, числа рівнів і ланок управління, їх підпорядкованість.

Старший майстер ділянки газоочищення мартенівського цеху перебуває у підпорядкуванні у заступника начальника мартенівського цеху. Функції старшого майстра газоочищення полягають у наступному:

- забезпечувати виконання ділянкою у встановлений термін планових завдань за обсягом виробництва;

- забезпечувати безперебійну ефективність роботи ділянки газоочищення;

- виявляти та усувати причини порушення виробничого процесу.

Старшому майстру безпосередньо підпорядковується оператор газоочищення. Оператор з управління пилогазоуловлюючими установками забезпечує стійку роботу газоочисних установок відповідно до встановлених номінальних режимів, забезпечує повне завантаження та правильне використання обладнання, утримання його у справному стані, а також належний порядок та чистоту на робочих місцях та прилеглих ділянці території.

Робітники з обслуговування газоочисної установки працюють за безперервним 3-х змінним 4-х бригадним графіком.

У кваліфікаційній роботі наводиться економічне порівняння двох варіантів очищення газів, що утворюються під час виплавки сталі в

мартенівській печі в умовах ВАТ «Запоріжсталь».

Як базова приймається існуюча система газоочищення мартенівської печі №7 комбінату ВАТ «Запоріжсталь», що складається з десяти труб Вентурі, бункера-каплеуловлювача, двох циклонів, двох вентиляторів та димової труби.

У проєктному варіанті планується зменшити вторинний крапленос шляхом удосконалення конструкції бункера-каплеуловлювача. Також пропонується зменшити питому витрату води на зрошення труб Вентурі.

У запланованому варіанті також передбачається цілодобова робота, оскільки сталеплавильні печі є агрегатом безперервної дії.

Простій на капітальний та поточний ремонт складає 20 днів або 480 годин на рік. Це зумовлено тим, що зменшення вторинного краплеуносу веде до зниження корозійного зношування вентиляторів, газоходів та димової труби. Отже, ремонт та заміну можна проводити рідше, ніж у базовому варіанті.

Визначаємо кількість днів роботи протягом року та годин роботи протягом року газоочисної установки (табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Кількість днів роботи апарату по очистці газів на рік

Показники	Од. вим.	Варіант	
		Базовий	Проєктний
1. Режим роботи	-	Безперервний	Безперервний
2. Календарний час	Дн. год.	365 8760	365 8760
3. Простій на капітальний та поточний ремонти	Дн. год.	24 576	20 480
4. Ефективний час роботи	Дн. год.	341 8184	345 8280
5.Коефіцієнт використання установки	-	0,934	0,945

4.2 Планування виробничої програми

Для розрахунку економічних показників газоочисної установки беремо усереднене значення основних робочих параметрів по продувочному та безпродувочному періоду:

- технологічна норма продуктивності газоочисної установки у базовому та проєктному варіантах $м^3$/год - 221000;
- початкова концентрація пилу у базовому та проєктному варіантах, $г/м^3$ 3,6;
- кінцева запиленість газів, $г/м^3$:

у базовому варіанті 0,04;

у проєктному варіанті 0,044;

- питома витрата на зрошення труб Вентурі, $м^3/м^3$:

у базовому варіанті $0,65 \cdot 10^{-3}$;

у проєктному варіанті $0,58 \cdot 10^{-3}$;

- витрата води на зрошення, $м^3$/год

у базовому варіанті 130;

у проєктному варіанті 116.

Річна виробнича потужність очисної установки, $м^3$ [13]:

$$П=N \cdot T_{эф}, \quad (4.1)$$

де N – технічна норма продуктивності газоочисної установки, $м^3$/год;

$T_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи газоочисної установки, год.

$$П^{б}=221000 \cdot 8184=1808,6 \cdot 10^{6} \text{ м}^3;$$

$$П^{п}=221000 \cdot 8280=1829,9 \cdot 10^{6} \text{ м}^3.$$

Кількість уловленого з очищуваних газів продукту на рік, т:

$$Q_{п} = \frac{Z_1 - Z_2}{10^6} \cdot П, \qquad (4.2)$$

де Z_1, Z_2 – вміст пилу в газі до та після очищення відповідно,г/м^3.

$$Q_{п}^{б} = \frac{3,6 - 0,04}{10^6} \cdot 1808,6 \cdot 10^6 = 6431,38 \text{ т;}$$

$$Q_{п}^{п} = \frac{3,6 - 0,044}{10^6} \cdot 1829,9 \cdot 10^6 = 6507,12 \text{ т.}$$

Кількість використаної води, м^3/рік:

$$Q_{ж} = m \cdot Q \cdot T_{эф}, \qquad (4.3)$$

де m – питома витрата зрошуючої рідини, м^3/м^3;

Q – витрата газів на виході в апарат, м^3/с.

$$Q_{ж}^{б} = 0,65 \cdot 10^{-3} \cdot 221 \cdot 10^3 \cdot 8184 = 1175632 \text{ м}^3\text{/рік;}$$

$$Q_{п}^{п} = 0,58 \cdot 10^{-3} \cdot 221 \cdot 10^3 \cdot 8280 = 1061330 \text{ м}^3\text{/рік.}$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці (табл. 4.2).

Таблиця 4.2 - Виробнича програма

Показники	Од.вим.	Базовий варіант	Проєктний варіант
1. Річна продуктивність газоочищення	млн.м^3	1808,38	1829,9
2. Кількість уловленого продукту: -пил -використана вода	 т тис.м^3	 6431,38 1175,63	 6507,12 1061,33

4.3 Розрахунок балансу робочого дня основних робітників

Баланс планового часу одного робітника на рік при безперервному графіку роботи у три зміни для чотирьох бригад.

Визначаємо кількість вихідних днів:

$$\frac{365 \cdot 1}{4} = 91.25 \text{ дн.}$$

Номінальний фонд робочого часу:

$$365\text{-}91{,}25=273{,}75 \text{ дн.}$$

або

$$\frac{365 \cdot 3}{4} = 273{,}75 \text{ дн.}$$

Чергова тарифна відпустка складається з 12 днів додаткової відпустки за шкідливі умови праці та до 6 днів за вислугу років.

Коефіцієнт списочності:

$$К_{сп} = \frac{Т_{ном}}{Т_{ф}}, \qquad (4.4)$$

де $Т_{ном}$ – номінальний час роботи, дн.;

$Т_{ф}$ – фактичний час роботи, дн.

$$К_{сп} = \frac{273{,}25}{243{,}75} = 1{,}123.$$

$Т_{ф}$ отримали шляхом віднімання з номінального часу втрат, пов'язаних із хворобою, виконанням державних обов'язків, тарифної відпустки та іншого (середні показники за кілька років).

Отримані дані зводимо у табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Баланс робочого часу одного робітника на рік

Елементи балансу	Од.вим.	Кількість днів
1. Режим роботи	-	Безприривний
2. Календарний час	Дн.	365
3. Вихідні дні	Дн.	91,25
4. Номінальний час		273,75
5. Невиходи на роботу - тарифна відпустка - виконання держобов'язків - хвороби - інше	 Дн. Дн. Дн. Дн.	 24 0,5 5 0,5
6. Фактичний час	Дн.	243,75
7. Коефіцієнт списковості	-	1,123

Чисельність робітників по робочим місцям:

$$Ч_{р.пл.} = М \cdot С \cdot К_{сп}, \quad (4.5)$$

де М – кількість робочих місць, для базового та проєктного варіантів, М=3;

С – число змін;

$К_{сп}$ – коефіцієнт списковості;

$$Ч^{б}_{р.пл.} = Ч^{п}_{р.пл.} = 3 \cdot 3 \cdot 1{,}123 = 10{,}1 \text{ чол.}$$

Приймаємо 10 чоловік.

Добовий штат дорівнює:

$$Ш_{доб} = Ш_{зм} \cdot n, \quad (4.6)$$

де $Ш_{зм}$ – штат за зміну, чол.;

n – кількість змін на добу.

$$Ш_{доб}=3\cdot3=9 \text{ чол.}$$

При чотирьохбригадному графіку роботи штат з урахуванням заміни дорівнює чотирьом змінним штатам:

$$Ш=4\cdot Ш_{зм}, \quad (4.7)$$

$$Ш=4\cdot3=12 \text{ чол.}$$

Обліковий штат визначається так:

$$Ш_{сп}=Ш\cdot К_{сп}, \quad (4.8)$$

$$Ш_{сп}=12\cdot1,123=13,48 \text{ чол.}$$

Приймаємо 14 осіб.

В одну зміну працюють два апаратчики та один бригадир, які стежать за роботою газоочисної установки. Для обох варіантів штатна кількість робочих однакова.

За основу приймаються базові дані про чисельність по штату розстановки [14]. Чисельність робітників наведено у табл. 4.4.

Таблиця 4.4 – Чисельність робітників

Найменування професії	Розряд	Годин тариф. ставка, грн.	Чисельність по растановчому штату, чол.					Резерв на заміну, чол.	Усього обліковий штат, чол.	Графік роботи
			I	II	Ш	IV	ітого			
Бригадир	VI	3.16	1	1	1	1	4	1	5	Безперервний
Апаратчик	V	2.61	2	2	2	2	8	1	9	Безперервний

5 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Розрахунок ведемо за укрупненим методом, що відображає структуру капітальних вкладень у металургії [15].

Питомі капітальні вкладення:

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

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

τ – тривалість річної роботи апарату, год;

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

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

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

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

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

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

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

де r – вартість електроенергії. За заводськими даними

r=0,075 грн/кВт·год;

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

N – потужність електродвигуна до тягодуттьового апарату, кВт.

$N^б$ = 808,5 кВт, $N^п$ = 745,5 кВт.

Питомі витрати на подачу зрошуючої рідини:

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

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

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

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

m – питома витрата рідини, л/м^3;

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

Кількість освітленої води в базовому та проєктному варіантах дорівнює відповідно 130м^3/год і 116м^3/год.

Експлуатаційні витрати на освітлення зрошуючої рідини:

$$С_{ос}^1 = у \cdot \tau,$$

Питомі експлуатаційні витрати на освітлення рідини, що зрошує:

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

Сума енергетичних витрат:

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

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

$$Q_{св.в.} = 0{,}152 \cdot Q_в,$$

$$Q_{с.р} = Q_{св.р} \cdot r,$$

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

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

$$N_{а3}=0,15 \cdot C_{мон}.$$

Тоді всього амортизаційних відрахувань:

$$N_а = \sum_{i=1}^{3} N_i,$$

Витрати на технічний ремонт становлять 15% від норми амортизації.

$$C_{т.р.} = 0,15 \cdot N_а,$$

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

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

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

$$E_у = Q_{ут} \cdot Ц,$$

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

Ц – вартість утилізації грн/т. Для пилу Ц = 2 грн/т.

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

$$З_{пр}=С+Е_н \cdot К,$$

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

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

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

У загальному вигляді річний економічний ефект:

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

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

Термін окупності капітальних вкладень, років:

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

$$Т_0 = \frac{1859,89 - 1831,84}{858,165 - 838,56} = 1,43 \text{ років}.$$

Коефіцієнт ефективності:

$$Е_{пр} = \frac{1}{Т_0},$$

$$Е_{пр} = \frac{1}{1,43} = 0,698.$$

Основні техніко-економічні показники представлені у табл.5.1.

Таблиця 5.1 – Основні техніко-економічні показники

Показник	Одиниці виміру	Варіант	
		базовий	проєктний
1. Річна виробнича потужність	млн. $м^3$/год	1266,84	1303,6
2. Вміст шкідливостей			
- до очищення	г/$м^3$	3,6	3,6
- після очищення	г/$м^3$	0,04	0,044
3. Кількість уловленого продукту	т	4509,5	4635,6
4. Кількість утилізованого продукту	т	4058,6	4172
5. Капітальні вкладення	тис. грн.	1831,84	1859,89
6. Річні експлуатаційні витрати	тис. грн	858,165	837,232
7.Термін окупності капітальних вкладень	років	-	1,43
8. Економічна ефективність	грн.·рік/грн	-	0,7

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі проаналізована технологія виплавки сталі в мартенівських печах з точки зору утворення і виділення шкідливих речовин.

2. На основі характеристики пилогазових викидів мартенівських печі, їх кількості і складу, обрано систему очищення газів від пилу мокрим способом з використанням труб Вентурі. Як базова приймається існуюча система газоочищення мартенівської печі №7 комбінату ВАТ «Запоріжсталь», що складається з десяти труб Вентурі, бункера-каплеуловлювача, двох циклонів, двох вентиляторів та димової труби.

3. Недоліком мокрого газоочищення є підвищений краплеунос. Надлишковий краплеунос викликає заростання газоходів мокрими відкладеннями, збільшує їх гідравлічний опір, веде до корозійного зносу димососів, газоходів, димової труби. У зимовий час значний вміст вологи у газах, що викидаються, викликає конденсування її на поверхні трубопроводів і димової труби, а також до їх зледеніння. Підвищений краплеунос знижує температуру димових газів, що відходять (нижче розрахункової), погіршуючи тим самим розсіювання їх в атмосфері.

4. З метою краплеуносу за скрубером Вентурі пропонуються наступні заходи. Щоб уникнути контакту основного газового потоку з поверхнею води, необхідно встановити в бункері-каплеуловлювачі над рівнем рідини металеві ґрати. У циклоні-краплеуловлювачі для попередження потрапляння в газовий потік стікаючої рідини пропонується встановити два відбійних козирка, виконаних у вигляді стандартних куточків: над вхідним патрубком і на бічній стінці з боку руху плівки. У нижній частині циклону необхідно встановити решітку для усунення контакту вихрового потоку з поверхнею рідини. З ціллю зниження гідравлічного опору труби Вентурі та зменшення експлуатаційних витрат зменшуємо витрату води на зрошення. Запропоновані зміни в конструкції краплеуловлювачів забезпечать

зменшення краплинної вологи в газах, що відходять, до значень, менших, ніж допустимий рівень.

Отже, у проєктному варіанті зменшили вторинний крапленос шляхом удосконалення конструкції бункера-каплеуловлювача. Також пропонується зменшити питому витрату води на зрошення труб Вентурі. У запланованому варіанті також передбачена цілодобова робота, оскільки сталеплавильні печі є агрегатом безперервної дії.

5. Показники газоочисної установки: технологічна норма продуктивності газоочисної установки у базовому та проєктному варіантах – 221 000 $м^3$/год; початкова концентрація пилу у базовому та проєктному варіантах - 3,6 г/$м^3$; кінцева запиленість газів, г/$м^3$: у базовому варіанті - 0,04; у проєктному варіанті - 0,044; питома витрата на зрошення труб Вентурі, $м^3/м^3$:у базовому варіанті - $0,65 \cdot 10^{-3}$; у проєктному варіанті - $0,58 \cdot 10^{-3}$; витрата води на зрошення, $м^3$/год, у базовому варіанті - 130; у проєктному варіанті - 116.

6. Ефективність вловлювання складає за результатами розрахунків 99 %. Проведено аеродинамічний розрахунок газоочисного тракту, опір якого склав 13733 Па. Термін окупності додаткових капітальних вкладень складає 1, 43 років, що знаходиться в межах нормативних показників.

7. Розглянуті потенційно небезпечні і шкідливі чинники виробничого середовища мартенівського цеху, дана гігієнічна характеристика трудового процесу і оцінка чинників виробничого середовища робочого місця сталевара мартенівської печі. Розроблені технічні рішення по виробничій санітарії, розглянуті заходи щодо техніки безпеки, пожежної та техногенної безпеки.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

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

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

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

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

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

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

8. 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.