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)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з удосконалення системи очищення забруднених газів в доменному виробництві»

Виконала: студентка ___4__курсу, групи 6.1832-з

___Кіяшко А.О.

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник __Вагін А.В.

(прізвище та ініціали) (підпис)

Запоріжжя – 2026 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

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

Рівень вищої освіти ____*перший бакалаврський 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*__
«____» _____2026 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

_____ Кіяшко Анна Олексіївна _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з удосконалення системи очищення забруднених газів в доменному виробництві

керівник роботи (проєкту) Вагін Андрій Вікторович, к.ф.-м.н, доцент_____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом вищого навчального закладу від «23»12 2025 року № 1831-с

2. Строк подання студентом роботи (проєкта)____15.05.2026_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) температура газу на вході в циклон 230 °С, розрідження в циклоні 33 Па, концентрація пилу в газі: перед циклоном 29 г/м^3

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

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал, 10 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання_ 09.02.2026

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вступ	до 20.02.20256	
2	Реферат	до 27.02.2026	
3	Розділ 1	до 13.03.2026	
4	Розділ 2	до 20.04.2026	
5	Розділ 3	до 10.05.2026	
6	Висновки	до 15.05.2026	

Здобувач _____ Кіяшко А.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ Вагін А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з удосконалення системи очищення забруднених газів в доменному виробництві»: 60 стор., 9 табл., 7 рис., 10 джерел.

ОЧИЩЕННЯ, ДОМЕННЕ ВИРОБНИЦТВО, ВИКИДИ, ПИЛ, ПІДБУНКЕРНА ЕСТАКАДА, ЦИКЛОН, КОНЦЕНТРАЦІЯ

Метою кваліфікаційної роботи є розробка пропозицій з удосконалення системи очищення забруднених газів в доменному виробництві.

У першому розділі розглянуто опис технологічного процесу доменного виробництва, характеристика доменного виробництва як джерела забруднень, аналіз шкідливих викидів доменного виробництва, характеристика викидів, що утворяться на бункерній естакаді й доменній печі.

У другому розділі наведено характеристику викидів доменного цеху, зменшення шкідливих викидів технологічним шляхом, методи очищення від пилу, очищення від пилу повітря підбункерної естакади, зниження викидів пилу з доменної печі.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» було розглянуто основні шкідливі та небезпечні фактори доменного цеху, заходи щодо зниження шкідливостей та небезпеки в доменному цеху.

ЗМІСТ

ВСТУП 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Склад доменного цеху 8
1.2 Профіль доменної печі 10
1.3 Характеристика доменного виробництва як джерела забруднень 13
1.4 Аналіз шкідливих викидів доменного виробництва . . 16
1.5 Характеристика викидів, що утворяться на бункерній естакаді й доменній печі 19
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 21
2.1 Характеристика доменного цеху 21
2.2 Характеристика викидів доменного цеху 22
2.3 Зменшення шкідливих викидів технологічним шляхом . . 24
2.4 Методи очищення від пилу 26
2.5 Очищення від пилу повітря підбункерної естакади . . 38
2.6 Зниження викидів пилу з доменної печі 41
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 44
3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори доменного цеху . 44
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей та небезпеки в доменному цеху 49
3.3 Засоби індивідуального захисту 52
3.4 Санітарно-побутові приміщення 53
3.5 Пожежна профілактика 55
ВИСНОВКИ 57
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 60

ВСТУП

Однією з найгостріших проблем на сучасному етапі розвитку металургійного комплексу є раціональне природокористування й охорона навколишнього середовища. За рівнем викидів шкідливих речовин в атмосферу й водойми, утворенню твердих відходів металургія перевершує всі сировинні галузі промисловості, створюючи високу екологічну небезпеку її виробництва й підвищену соціальну напруженість у районах дії металургійних підприємств.

Захист навколишнього середовища в галузях металургійного комплексу вимагає величезних витрат. Іноді більш доцільним виявляється застосування технологічного процесу, менш забруднюючого навколишнє середовище, ніж контроль (з величезними витратами) рівня забруднення при використанні традиційних технологій.

У цей час зниження соціальної напруженості в районах дії металургійних підприємств може бути забезпечено, насамперед, зниженням екологічної небезпеки, впровадженням екологічно чистих технологій і створенням безвідхідних виробництв. Безвідхідна технологічна система – це сполучення організаційно-технічних заходів, технологічних процесів і способів підготовки сировини й матеріалів, що забезпечують комплексне використання сировини й енергії. Перехід до маловідхідної й безвідхідної технології, удосконалювання способів утилізації шкідливих речовин, комплексне використання природних ресурсів – основні напрямки ліквідації шкідливого впливу металургійного виробництва на стан навколишнього середовища. У доступній для огляду перспективі повинні відбутися істотні зміни в технічному стані металургійного комплексу, у процесах природокористування, що дозволить у значній мірі вирішити багато екологічних проблем.

Сучасне металургійне підприємство з виробництва чорних матеріалів має наступні основні переділи: виробництво окатишів і агломератів,

коксохімічне, доменне, сталеплавильне й прокатне виробництва. До складу підприємств входять також вогнетривке й ливарне виробництва. Всі вони є джерелами забруднень атмосфери й водойм. Крім того, металургійні підприємства займають більші виробничі площі й відвали, що передбачає відчуження земель. Концентрація шкідливих речовин в атмосфері й водному середовищі великих металургійних центрів значно перевищують норми. Всі металургійні переділи є джерелами забруднення пилом, оксидами вуглецю й сірки.

У доменному виробництві виділяються додатково сірководень і оксиди азоту, у прокатному – аерозолі травильних розчинів, парі емульсій і оксиди азоту. Найбільша кількість викидів – у коксохімічному виробництві. Тут, крім перерахованих забруднювачів, можна відзначити піридинові підстави, ароматичні вуглеводні, феноли, аміак, синильну кислоту й ін. На частку підприємств чорної металургії доводиться 15-20% загальних забруднень атмосфери промисловістю, що становить більше 10,3 млн. т шкідливих речовин у рік, а в районах розташування великих металургійних комбінатів – до 50%, у середньому на 1млн.т річної продуктивності заводів чорної металургії виділення пилу становить 350, оксиду вуглецю 400, оксиду азоту – 42 т/добу.

Ураховується очікувана зміна об'ємів валових викидів (скидань) у зіставленні з існуючими кількостями й станом атмосфери й водойм, плановані зміни по складу, кількості й способам складування (поховання) відходів, очікуваний вплив інверсійних явищ із урахуванням рельєфу місцевості на ріст величин приземних концентрацій і т.д.

Оцінка наслідків найбільш значимих впливів на навколишнє середовище здійснюється в тому числі виходячи з умов фонового стану об'єктів, уразливості місцевих екологічних систем, наявності охоронюваних природних об'єктів. Виконується аналіз інформації про екологічні наслідки аналогічних видів господарської діяльності.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Склад доменного цеху

Робота доменного цеху й аглофабрики, що постачає його агломератом, пов'язана з використанням величезної кількості вихідних матеріалів. Оскільки в доменному виробництві здійснюється первинна металургійна переробка руд і агломерату в чорновий метал – чавун, видаткові коефіцієнти на 1 т продукту виявляються значно вище, ніж для сталеплавильного й прокатного виробництва [1]. Сучасний доменний цех споживає до 50 тис. т агломерату й коксу на добу. Внаслідок великого зовнішнього вантажообігу, аглофабрику, коксові батареї й доменний цех розташовують ближче до заводської залізничної станції для зниження витрат внутрішньозаводського транспорту на доставку руд до аглофабрики, вугілля до батарей, агломерату й коксу до доменних печей.

До складу доменного цеху, крім доменних печей, входять рудний двір, пристрої для подачі шихти в печі, повітронагрівачі для нагрівання дуття й пристрої для його подачі в печі, система газоочистки, ливарний двір із засобами для збирання чавуну й шлаків. Рудний двір призначений для прийому, складування, сортування й усереднення вступників матеріалів (рис. 1.1). Їхня доставка й переміщення виробляються рейковим транспортом, кранами й транспортерами. Площа рудного двору визначається потребою в матеріалах, розміщенням необхідних запасів і забезпеченням однорідності їх фізичних і хімічних властивостей.

Основними ділянками двору є розвантажувальна естакада із прийомною траншеєю й площадки штабелів руд (склад усереднення). Матеріали, що прибувають, доставляють на розвантажувальну естакаду в саморозвантажних вагонах із днищами, що відкриваються, або у відкритих вагонах з високими бортами. Для розвантаження останніх, рудний двір обладнаний вагоноперекидачами баштового типу з перекидною люлькою

продуктивністю до 30 вагонів або 3000 т матеріалу за 1 год. Основне обладнання рудного двору – рудно-грейферний кран-перевантажувач, що перекриває своїм прольотом (П5 м) всю ширину двору. Перевантажувач вантажопідйомністю 60т із грейферними візками переміщається уздовж двору по рейковому шляху й виконує операції по перевантаженню матеріалів із прийомної траншеї на склад усереднення в штабелі й відвантаженню матеріалів на агломераційну фабрику або до доменних печей. Число рудно-грейферних кранів залежить від площі й запасу матеріалів рудного двору. Продуктивність одного крана досягає 400 м^3/год.

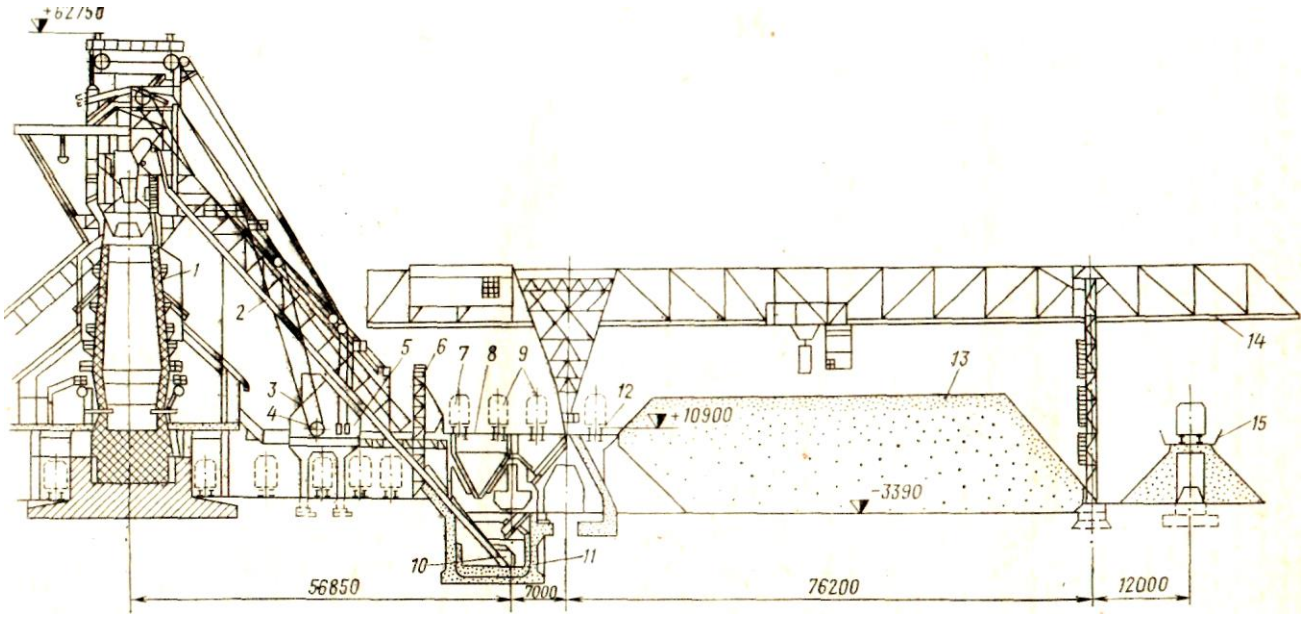


Рисунок 1.1 – Частина поперечного розрізу доменного цеху з боку рудного двору: 1 – доменна піч; 2 – скіповий підйомник; 3 – машинне відділення; 4 – скіпова лебідка; 5 – лебідка керування засипним апаратом; 6 – підйомник коксового дріб'язку; 7 – коксовий самохідний вагон; 8 – бункерна естакада; 9 – рудний самохідний вагон; 10 – скіп; 11 – скіпова яма; 12 – саморозвантажний вагон; 13 – штабель руди; 14 – перевантажувач; 15 – розвантажувальна естакада

Постачання доменних печей шихтовими матеріалами здійснюється через бункерну естакаду, що розташовується уздовж лінії печей з боку, протилежної газоочистки й випуску чавуну, і забезпечує запас агломерату на 16-24 годин і коксу на 4-6 годин роботи печей [2].

1.2 Профіль доменної печі

Доменний процес є сукупністю різноманітних фізико-хімічних, механічних і аеродинамічних явищ. Він протікає в умовах зустрічного руху твердих і мас, що плавляться, зверху долілиць і газів знизу нагору. Успішне проведення цього безперервного процесу пов'язане із правильним вибором внутрішньої форми робочого простору печі або її профілю [3].

Доменна піч відноситься до агрегатів шахтного типу й служить для виплавки чавуну із залізної руди. Шахта заповнена газопроникними матеріалами, що забезпечує їхню взаємодію з газовим потоком, що піднімається. Обрис робочого простору називають профілем доменної печі. У горизонтальних перетинах профіль печі являє собою окружності змінного діаметра, а у вертикальному перерізі по осі печі - складну симетричну конфігурацію. Правильне співвідношення розмірів частин печі створює оптимальні умови доменної плавки й обумовлює раціональний профіль печі. При такому профілі забезпечуються наступні найважливіші умови доменного процесу:

1) плавне й стійке опускання шихтових матеріалів;

2) найбільш вигідний розподіл зустрічного газового потоку;

3) успішний розвиток процесів відновлення й утворення чавуну й шлаків.

Робочий простір доменної печі складається з колошника, шахти, розпару, заплечиків і горну. Їхня форма й відносні розміри визначаються процесами, що відбуваються в них.

Верхня циліндрична частина робочого простору печі (колошник) призначена для розподілу шихтових матеріалів, що завантажуються в піч, які попадають у колошник на площу того самого перетину приблизно з постійної висоти. Це дозволяє забезпечити стійкість початкового розподілу матеріалів на колошнику, а також правильний розподіл газового потоку по об'єму печі. Висоту колошника вибирають із умов частоти завантаження й швидкості опускання рівня шихти. На найбільших печах вона становить 3700-4200 мм.

Середня циліндрична частина робочого простору (розпар) створює додаткове збільшення об'єму печі й усуває затримки шихтових матеріалів при опусканні їх у заплечики. Більший діаметр розпару в порівнянні з горном дозволяє зменшити розпал футеровки, віддаляючи від стін потік гарячих газів, що піднімаються. Діаметр розпару сучасних печей становить 10,9-16,3 м, висота 2600-2900 мм. Зворотна конусність заплечиків відповідає зменшенню об'єму матеріалів що плавляться, при утворенні шлаків і чавуну. Конфігурація заплечиків зі збільшенням об'єму печей зберігається приблизно постійною. Їх поперечний переріз визначається діаметрами розпару й горна, кут нахилу становить 79-80°, висота 3500 мм.

У нижній циліндричній частині доменної печі (горні) відбуваються основні високотемпературні процеси плавки: горіння коксу й утворення доменного газу, взаємодія між рідкими фазами, газом і розпеченим коксом, нагромадження чавуну й шлаків, випускаються періодично з печі (рис. 1.2).

Сучасна доменна піч являє собою велике спорудження загальною висотою >40 м і масою >10 тис. т. При цьому конструкція її повинна бути виконана з великою точністю без найменшого перекосу й з мінімальною нерівномірністю опадів. Інакше робота засипного пристрою й нормальна експлуатація печі порушаться. Для успішного спорудження й роботи доменної печі необхідні правильний розрахунок і установка фундаменту.

Залізобетонна нижня частина фундаменту (підошва) має багатошинну (восьмикутну) форму, виготовляється як монолітна плита й заглиблюється в ґрунт на 6-8 м. Площа основи підошви вибирають залежно від припустимих

навантажень на ґрунт, які становлять звичайно 192-254кН/м^3. Припустима температура несучій плиті фундаменту становить 250°С. На фундамент опирається нижня частина футеровки й металевих конструкцій доменної печі. Верхня частина футеровки (від розпара до колошника) і відповідна металоконструкція мають опору на фундамент через металеві колони, що підтримують опорне кільце шахти.

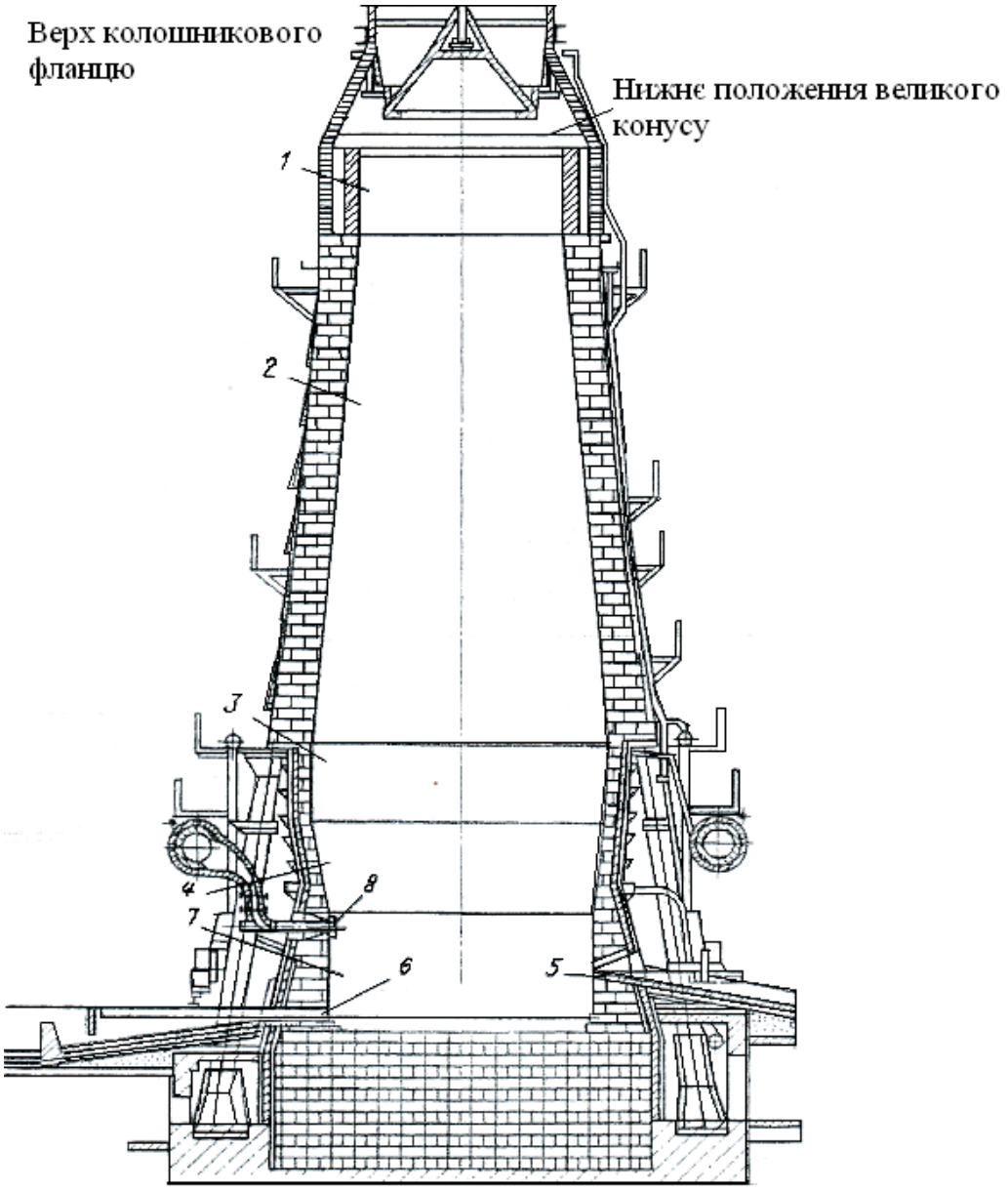


Рисунок 1.2 – Доменна піч: 1 – колошник; 2 – шахта; 3 – розпар; 4 – заплечики; 5 – шлакова льотка; 6 – чавунна льотка; 7 – горн; 8 – повітряна фурма

Фундамент печі зверху закінчується швелерами або спеціальними плитами з каналами для повітряного або водяного охолодження вогнетривкої кладки, що перебуває у важких теплових умовах служби. На пристрої охолодження поміщають металевий лист, що служить підставою вогнетривкої кладки нижньої частини горну (поду). Матеріалами для її виготовлення служать високоглиноземна цегла в осьовій зоні печі й вуглеводні або графітні блоки по периферії. Висота поду досягає 5,5 м.

Нижня частина горна (металоприймач) випробовує вплив рідких чавуну й шлаків, які роблять значний тиск на стінки, мають високу температуру до 1500-1600°С и хімічно взаємодіють із кладкою. Верхня частина кладки горна піддається, крім того, впливу розпечених окисних газів, що утворяться при горінні коксу. У зв'язку з такими тяжкими умовами служби стін горна, кладку інтенсивно прохолоджують плитовими холодильниками того ж типу, що й для охолодження поду. Вони являють собою чавунні плити із залитими усередину 45-мм сталевими трубами, по яких проходить вода. Холодильники укріплені в кілька рядів на сталевому звареному кожусі горна із броні товщиною 20-30 мм. Основна частина футеровки горна виготовлена з вуглеводних блоків. Як і на поді, цей матеріал сприяє більше інтенсивному охолодженню його стін. Товщина кладки металоприймача на сучасних печах досягає 1300 м.

1.3 Характеристика доменного виробництва як джерела забруднень

До складу шихти сучасних доменних печей входять агломерат, кокс і флюси. У процесі агломерації спікаються мілкороздріблені частки компонентів шихти, знижуються вологість і кількість гігроскопічної вологи, розкладається вугілля з виділенням CO_2, а також частково знижується вміст сірки [4]. При подачі на агломераційну стрічку розмеленого доломіту й обпаленого вапняку одержують так званий офлюсований агломерат, що дозволяє обмежити кількість флюсу, що подається в доменну піч, або навіть

виключити його з доменної шихти. Застосування агломерату замість руди в доменній печі дає економію коксу, підвищує її продуктивність і знижує запиленість доменного газу.

Як флюси в доменних печах застосовують кварцити, звичайний і доломітизований вапняк. Як паливо в доменних печах в основному використовують кокс і такі види палива, як мазут, природний газ, тверде паливо. У піч подають гаряче повітря. У сучасній технології виробництва чавуну використовують збагачене киснем дуття, нагрівають дуття до температури більше 1400°С, зволожене дуття, а також підвищений тиск під колошником печі, рівне 0,3МН/м^2, а іноді й сягаюче 0,5МН/м^2.

Доменний процес безперервний і шихтовий матеріали подають у певній пропорції (по масі). Чавун і шлаки випускають періодично.

Шихта, що завантажується зверху, у міру згоряння коксу опускається в низ, а газ, що утвориться, піднімається нагору. Основним продуктом доменної плавки є чавун, а побічними шлаки й доменний (колошниковий) газ. У середньому при спалюванні 1т сухого коксу утвориться 3400 м^3 доменного газу середньою теплотою згоряння 3,96 МДж/м^3. Пил і газоподібні викиди з доменних печей утворяться в результаті складних фізичних і хімічних процесів, що протікають у них і в допоміжному устаткуванні. Уважають, що разом з доменним газом з печі виносяться пил, внесений разом із шихтою (що утворилася при дробленні шихтових матеріалів, в основному коксу), і пил, що з'явився при терті стовпа шихти в самій доменній печі.

Кількість пилу, що утвориться, механічного походження залежить від виду залізовмісних матеріалів (руди або агломерату), від прочностих властивостей шихти, крупності шматків, вологості, способів ведення процесу, тиску на колошнику, зволоження дуття, збагачення дуття киснем.

Основні складові доменних шлаків (CaO, MgO, Al_2O_3) мають дуже високу температуру плавлення й у доменній печі немає умов для їхньої сублімації [2]. Однак при виробництві феромарганцю, коли витрата палива дуже велика й температура під колошником іноді перевищує 500°С, шлакові

компоненти випаровуються й конденсуються при більше низькій температурі у вигляді білого пилу. Частки цього пилу дуже малі і їх не завжди вдається вловити в пилеочисному спорудженні. Подібне явище спостерігається й при виплавці в доменній печі феромарганцю, де втрати марганцю, завантаженого в піч, становлять 8-20%.

У доменній шихті втримується невелика кількість цинку, що уже при температурі близько 900°С випаровується, незважаючи на те, що відновлення окису цинку не доходить до кінця. Пари цинку, віднесені газом, окисляються у верхній частині печі (так само, як і марганцю) і осідають на стінках колошника, утворюючи нарости, що заважають роботі печі. Частина окислів цинку, а також не окислений цинк у пилоподібному стані разом з газами віддаляються в газопровід.

У доменній печі створюються умови для переходу окислів і силіцидів калію й натрію в карбонати, ціаністі солі, а іноді в сульфіти й хлориди. Сульфіти й хлориди як летучі з'єднання легко випаровуються й виносяться разом з доменним газом. Карбонати й ціаніди залишаються в зоні високих температур. Вони вступають у реакції зі шлаками й чавуном і частково несуться газами. При температурі вище 1000°С утворяться ціаніди натрію й калію, які в присутності СО розкладаються при зниженні температури. Аналіз складу колошникових газів доменної печі показує наявність у них, %: 23-40 CO, 15-22 CO_2, 1,5-6,0 H_2. Загальна кількість колошникових газів, що відходять, становить 1100-2200 $м^3$/т заліза. Гази, що виходять із верхньої частини домни, мають значну теплоту згоряння, що може бути використана для нагрівання.

Пил, що конденсується, додається до пилу механічного походження. Пари цинку, свинцю, марганцю й інших компонентів, а також гази CO_2, CO, CO_2, H_2S утворять хімічні сполуки з мінералами, представленими у вигляді пилу механічного походження: в основному із силікатами й кремнеземом. Однак реакція між твердою часткою й газом або рідиною проходить по

поверхні зіткнення, в умовах обмеженого часу реакції дрібний пил, що як має більшу контактну поверхню, швидше вступає в з'єднання, чим великий пил.

Таблиця 1.1 – Хімічний аналіз аерозольних часток колошникових газів доменної печі, масова частка, %:

Складові	Fe	C	SiO_2	Ca	Mg	Mn
Колошникові гази	47	12	12	2,9	1,2	0,38

Маса пилу, що виноситься доменними газами, становить 20-200 кг/т чавуну. Середня запиленість доменних газів дорівнює 9-55 г/м^3, а при неполадках або дрібній шихті може доходити до 2000 г/м^3. Кількість доменного газу досягає – 3880 м^3/т вологі кокси, 4000 м^3/т сухі кокси й 4450 м^3/т скіпові кокси [1].

1.4 Аналіз шкідливих викидів доменного виробництва

Доменні цехи забруднюють атмосферу в основному пилом і оксидом вуглецю.

На рудному дворі пил виділяється при розвантаженні вагонів, перевантаженню руди грейферними кранами, подачі її на бункерну естакаду. Питомий викид пилу на 1т чавуну орієнтовно приймають рівним: на рудному дворі 50 кг, бункерній естакаді 22 кг при висоті виділень 6-15 м. Концентрація пилу на рудному дворі й бункерній естакаді може досягати 1000 мг/м^3. На нових металургійних підприємствах можна чекати зниження питомих викидів до 10 кг/т за рахунок розвантаження й транспортування сипучих матеріалів у закритих розвантажувальних вузлах і закритих галереях з об'єднанням аспіраційних систем і очищенням запилених газів у великих електрофільтрах.

У доменних цехах існують дві системи подачі сирих матеріалів на колошник: скіпова, що застосовувався на старих печах, і транспортерна, застосовувана в нових печах і що забезпечує значне зниження пиловиділень. Найбільша кількість пилу виділяється в підбункерному приміщенні, де відбувається вивантаження сирих матеріалів у вагон-ваги й далі в скіп. Пил викидається в атмосферу через вікна й прорізи для скіпів і через вихлопні отвори аспіраційних систем при висоті виділень 10 м. Концентрація пилу в повітрі підбункерних приміщень становить близько 500 мг/м^3, у зв'язку із чим на багатьох підприємствах кабіна машиніста вагон вагів герметизована. При транспортерній подачі сирих матеріалів умови роботи в підбункерному приміщенні набагато краще.

Валові викиди в підбункерних приміщеннях для доменних печей різних обсягів характеризуються наступними даними, кг/т чавуну:

Скіпова подача (Vд.п. < 2000 м^3) – 0,8-1,2 0,09.

Транспортерна подача (Vд.п. >2000 м^3) – 0,09.

Таблиця 1.2 – Дисперсний склад пилу в підбункерних приміщеннях

Розмір часток, мкм	<13	13-52	>52
Зміст, % (обсяг.)	25	65	10

Для очищення викидів аспіраційних систем у більшості випадків застосовують мокрі пиловловлювачі. Пило- і газовиділення печі обумовлені тим, що при подачі шихти на великий конус завантажувального пристрою, тиск по обох сторін малого конуса необхідно вирівняти, для чого брудний газ із міжконусного простору випускають в атмосферу. Крім того, пиловиділення відбувається при шкірному зсипанні сирих матеріалів зі скіпа в прийомну лійку. Для печей ємкістю 930-2700 м^3 викиди пилу й СО становлять відповідно 0,17-0,60 і 5-19 т/добу. Питомий викид пилу може досягати 4 кг/т чавуни, а концентрація її в газах 200-500 г/м^3. З метою скорочення цього викиду на деяких підприємствах установлюють автономні

газоочистки. Найчастіше для цієї мети застосовують схему зі зрошуваним газоходом і скрубером Вентури. При загальному питомому зрошенні газоходу й сурми Вентурі 1,5-3,5 $дм^3/м^3$ залишкова запиленість викидів не перевищує 10 $мг/м^3$ і, отже, їх можна подавати в газопровід чистого газу[3]. Установки працюють циклічно: протягом години роблять 8-10 скидань газу із тривалістю шкірного скидання 8-10 с. Радикальним рішенням, що майже повністю виключає викиди пилу з міжконусного простору, є подача в нього в момент відкриття великого конуса компрімірованного газу тиском, що трохи перевищує тиск у печі. У цьому випадку запилянь газ із печі взагалі не надходити в міжконусний простір і при вирівнюванні тиску в засипному пристрої відбувається вихлоп чистого газу. Однак при цьому з'являються додаткові енерговитрати, зв'язані зі стиском газу, що подається в міжконусний простір. При здійсненні цієї схеми викиди в атмосферу зменшуються в 50 разів, відпадає необхідність автономної системи газоочистки, збільшується термін служби засипного апарата. Як газоподібний агент може бути також використаний компрімірований азот з кисневої станції. Установка подібного типу вже здійснена на одному з підприємств.

На ливарному дворі пил і гази виділяються в основному від льоток чавуну й шлаків, жолобів ділянок зливу й ковшів. Питомі виходи шкідливих речовин на 1 т чавуну становлять: 0,4-0,7 кг пилу; 0,7-1,15 кг CO; 0,11-0,17 кг SO_2. Пил і гази віддаляються частково через ліхтарі будинку, частково за допомогою аспіраційних систем з очищенням від пилу перед викидом в атмосферу переважливо в батарейних циклонах. Всі викиди ливарного двору великих печей прагнуть поєднувати й направляти для очищення в електрофільтри.

Повітронагрівачі доменних печей забруднюють атмосферу переважливо оксидом вуглецю, у середньому 11-44 г/т чавуну. Концентрація оксиду вуглецю, що видаляється через аераційні прорізи будинків, становить у середньому 33 $мг/м^3$. При сухому розвантаженні пиловловлювачів в

атмосферу виділяється 0,75-1,0 г пилу на 1т чавуну. Середня концентрація пилу при навантаженні на відкриті залізничні платформи становить 250 мг/м^3 на відстані 5 м від пиловловлювача при відсутності вітру. При змочуванні пиловиділення значно скорочується. У цей час розроблена й впроваджується закрита система пневматичного транспортування вловленого пилу.

Крім санітарного очищення газових викидів перед випуском їх в атмосферу, у доменному виробництві першорядне значення має очищення технологічне. Доменний газ широко використовують на металургійних підприємствах у першу чергу як паливо. Щоб уникнути засмічення пристроїв пальників і утворення відкладень у газопроводах доменний газ попередньо повинен бути очищений від пилу.

1.5 Характеристика викидів, що утворяться на бункерній естакаді й у доменній печі

Викиди, що забруднюють атмосферу, розглянемо на прикладі роботи однієї з доменних печей ємкістю 2000 м^3 ПНР. Шихтові матеріали для цієї печі зберігають на двох складах, що обслуговуються мостовими кранами. Бункера ємкістю 200 т обладнані засувками з електроприводом. З бункерів компонента шихти попадають на вібраційні грохоти, звідки через накопичувачі вони попадають у скіпи.

При просіванні агломерату виділяється до 60кг пилу в годину з розміром зерен 0,5-100 мкм. Щільність пилу становить 3,9 г/см^3, а питомий електроопір при температурі 100°С досягає максимальної величини 0,1 Ом·м.

При просіванні коксу утвориться 4кг пилу в годину з величиною зерна до 500 мкм, причому питомиий електроопір цього пилу при температурі навколишнього середовища 20°С дуже мало й зменшується зі збільшенням температури [3]. Цей пил містить більше 75% вугілля й цим пояснюється такий низький питомий опір. Щільність цього пилу не перевищує 15г/см^3.

Пил, що утвориться при просіванні вапняку, може бути того ж розміру,

що й пил двох вище згаданих джерел, але її щільність досягає 2,9г/см^3, а максимальний питомий електроопір становить 0,1 Ом·м. Вміст у цьому пилу $CaCO_3$ доходить до 90%, а винос її становить 6кг/ч. Розмір зерен пилу, що утвориться при сортуванні феромарганцю, коливається від 0,2 до 200 напівтемний. Щільність цього пилу досягає 3,65 г/см^3, а кількість її мало й не перевищує 0,6 кг/год.

Протягом доби в доменну піч завантажують до 201 порції шихти. Кожна колоша містить 8,7 т коксу; 33,8 т агломерату, і склад якого входить 50% Ре, 0,3 т вапняки й 0,5т шлаків ферромарганцевого виробництва. При завантаженні шихти в скіп виділяється велика кількість пилу – до 50 кг/год. Максимальна щільність цього пилу дорівнює 3,45 г/см^3, а її питомий електроопір перевищує 100 Ом·м. Діаметр зерен пилу, що утвориться, коливається від 0,2 до 100 напівтемний. Описана вище піч забезпечена двоконусним засипним пристроєм типу Мак-Ки. Ємкість скіпа становить 13,5 м^3, тиск на колошнику цієї печі 0,15 МН/м^2.

Запиленість доменного газу становила 48 г/м^3, а розмір часток пилу коливався від 1 до 100мкм при максимальному питомому електроопору 10 Ом·м і температурі 150°С.

Доменний газ спочатку очищають у пиловловлювачі, на виході з якого його запиленість становить 20 г/м^3, а потім у трубах Вентурі, за яких запиленість газу знижується до 0,2 г/см^3. Остаточне очищення газу здійснюється в електрофільтрах, за яких запиленість газів звичайно не перевищують десятих часток міліграмів на 1 м^3.

Згадані вище фізико-хімічні властивості пилу, що утвориться в різних місцях завантажувальної естакади доменної печі обсягом до 2000 м^3, подібні до характеристик пилу інших ділянок доменного виробництва.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Характеристика доменного цеху

Цех має у своєму складі три доменних печі загальним обсягом 2766 м^3, у тому числі піч №2 – 700 м^3, піч №3 – 1033 м^3, піч №5 – 1033 м^3. Проєктна потужність цеху – 1795 тис. тонн (у граничному чавуні). Щорічно цех виплавляє більше 1,2 млн. тонн високоякісного чавуну.

В доменних печей є бункерна естакада і загальний рудний двір для вивантаження і зберігання залізорудної сировини і кокса. Біля рудного двору, установлений стаціонарний роторний вагоноопрокидувач для вивантаження залізної, марганцевої руд, кокса й др. матеріалів, що поступають у вагонах типа МПС і ЗПС. По системі стрічкових транспортерів, сировина від вагоноопрокидувача подається на рудний двір.

На рудному дворі встановлені два рудногрейферних козлових крана, продуктивністю 500 т/год, які обслуговують вантажопотоки сировини, палива та матеріалів, що поступають в цех, усереднюють його і подають у перегрузочний вагон (трансферкар).

Для виробництва чавуну доменний цех використовує агломерат, окатиші, залізну і марганцеву руду, вапняк звичайний, шлаки сталеплавильного виробництва, сварочний шлак, кокс, габаритні металовідходи.

Агломерат використовується наступного складу: залізо – 52,85 %, кремнезем – 10,3 %, окись кальцію – 12,0 %, окисел магнію – 1,34 %, основність – 1,17 %. По своєму хімічному складу агломерат задовольняє вимогам доменників, проте містить велику кількість дрібниці, при зберіганні на рудному дворі вміст дрібниці (збільшується до 25%, а після перевантаження і транспортування к ДП до 35 %.

Подача залізорудних і флюсових матеріалів із бункерів естакади до скипового підйомника здійснюється на доменних печах вагон-вісами

вантажопідйомністю 40 т. Подача коксу, в скипи підйомника з коксівних бунке-рів, розташована над скиповою ямою, здійснюється при допомозі вібраційного гуркоту і вагової воронки.

На доменних печах застосовується природний газ і азот для технологічних потреб. На печах виплавляється передільний і ливарний чавун для потреб заводу і інших споживачів. Передільний чавун йде на переділ в конверторним цех і частково на сторону для зовнішніх споживачів.

Для транспортування чавуну до сталеплавильних цехів і розливних машин використовуються 100-т чугуновозниє ковші, для шлаку – шлаковози ємкістю 16,5 м^3.

Для виробництва товарного чушкового чавуну, в цеху є три розливні машини № 1, 2, 3. Після розливання чавуну на розливних машинах чушковий чавун потрапляє на склади холодного чавуну, де перегружается в вагони і направляється споживачам.

Щороку в цеху утворюється близько 500 тис. тонн доменного шлаку який використовується на виробництво граншлака і рядового щебеню. Грануляция доменного шлаку виробляється у гранбасейні що складається з 4 секцій з естакадою крану.

Газ, що виходить з доменної печі, після газоочисних установок (пиловловлювачі і ін.) використовується як паливо і нацьковується в нагрівальні колодязі ПЦ № 1. Разом з газом з доменних печей виноситься значна кількість дрібних фракцій шихтових матеріалів.

2.2 Характеристика викидів доменного цеху

Доменний, або колошниковий, газ є побічним продуктом доменного виробництва. Це низькокалорійний газ, що містить близько 30-35 % горючих складових і велику кількість баласту (азоту й вуглекислоти). Тому використання його у високотемпературних печах затруднено, а передача на значні відстані економічно невигідна.

Основні параметри доменного газу. Склад і основні характеристики доменного газу залежать від складу шихти й ходу плавки. Для інтенсифікації доменного процесу й скорочення витрати коксу існує багато різних заходів, що впливають і на властивості доменного газу: підвищення тиску, температури й вологості доменного дуття, збагачення дуття киснем, вдуванням в горн природного газу, мазуту й т.п. У результаті сукупної дії цих факторів, що роблять у деяких випадках протилежний вплив, у складі доменного газу підвищується зміст водню з одночасним зменшенням CO, внаслідок чого теплота згоряння його змінюється мало й становить близько 3500— 4000 кДж/м^3, а вихід доменного газу знижується з 3800—4000 до 2000—2500м^3/т чавуну [1]. У таблиці 2.1 наведено зразковий склад доменного газу.

Таблиця 2.1 – Склад доменного газу

Викиди в атмосферу забруднюючих речовин							
	Пил	Газоподібні					Всього
		SO_2	CO	NO_2	H_2S	Всього	
Всього по заводу	5627,072	629,84	3195,47	447,982	33,610	4322,076	9949,148
Доменний цех	4734,04	78,754	1496,41	66,39	33,61	1675,16	6409,2

Температура доменного газу на виході з печі звичайно 300-350 °C.

Вихід доменного газу з печей різного об'єму можна визначити на підставі питомого виходу й продуктивності печі по чавуні, виходячи з даних, що наведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихід доменного газу з печей різного об'єму

Об`єм печі,м^3	1033	1513	2000	2700	5000
Продуктивність, т/добу	1720	2520	4350	5550	11500

Доменний газ, що утвориться в печі, завжди забруднений колошниковим пилом, що являє собою суміш дрібних часток руди, коксу, агломерату, вапняку й інших матеріалів, що завантажуються в доменну піч. Пил утвориться в результаті механічного здрібнювання матеріалів при їхньому готуванні, транспортуванні, завантаженні й стиранні при русі в шахті печі.

Винос пилу з печі обумовлений захопленням дрібних часток потоком газу, що проходить крізь шар шихти, а також сублімацією деяких елементів шихти в області високих температур. При роботі печей з нормальним тиском під колошником винос пилу 50-60 г/м^3, в окремих випадках до 100 г/м^3. При перекладі печей на роботу з підвищеним тиском під колошником запиленість доменного газу зменшилася до 15-20 г/м^3, що значною мірою пояснюється зниженням питомих об'ємів і швидкостей газу в печі. Питомий вихід пилу на 1 т чавуну становить відповідно 50-150 і 25-75 кг/т. При виплавці граничного чавуну й роботі з підвищеним тиском під колошником пил має наступний хімічний склад, %: 6,02 FeO; 12,9 Fe_2O_3; 13,8 $Fe_{заг}$; 14,6 SiO_2; 4,35 $A1_2O_3$; 4,35 MgO; 11,85 CaO; 0,74 S; 3,75 MnO [2]. Втрати при прожарюванні становлять 27,68%. Гранулометричний склад пилу також залежить від багатьох факторів і може сильно коливатися.

2.3 Зменшення шкідливих викидів технологічним шляхом

Кількість викидів пилу в доменному виробництві залежить від ступеня підготовленості сировини до плавки, міцності коксу, а також від того, наскільки рівно працює пекти. Велике значення має якість сировини, тому в шихті для доменної печі намагаються збільшити частки окатишів і агломерату. На рудному дворі сировина усереднюється по складу; для кожного сорту чавуну встановлюється певна пропорція між рудою, окатишами, агломератом, коксом і вапняком. Важливо правильно укласти шихту в піч, виміряти рівень засипання, що досягається стабільною роботою

завантажувального (засипного) апарата, що рівномірно розподіляє матеріали по окружності печі, і надійністю зондів-щупів, що замірять рівень шихти в печі. Удосконалювання технологічного процесу виплавки чавуну спрямовано насамперед на зменшення витрати коксу, що веде до зниження викидів пилу й газу. Найбільш ефективним способом зниження витрати коксу є підігрівання дуття (для спалювання коксу в піч подається повітря; дуття створює повітряну подушку, на якій тримається вся маса сировини, що постійно заповнює внутрішній простір печі) до 1300°С с подальшим підвищенням температури до 1450°С. До зниження витрати коксу приводять: зволоження-осушення дуття; вдування в піч палива (мазуту, природного газу, здрібненого до пилу недефіцитного вугілля, кам'яновугільної смоли); збагачення дуття киснем, застосування комбінованого дуття (природного газу в суміші з киснем); підвищення тиску газу під колошником.

Стабільна робота доменної печі залежить від кваліфікації робітників, ведучих технологічний процес. Машиніст шихтоподачі повинен стежити за набором, зважуванням і завантаженням шихти в доменну піч, усувати неполадки в роботі завантажувальних механізмів, уміло звертатися з контрольно-вимірювальною апаратурою, вникати в технологічний процес виплавки. Горнові повинні цілодобово забезпечувати своєчасний випуск чавуну й шлаків через чавунну й шлакову льотки; стежити за справністю електробуромолота й електрогармати, своєчасній подачі чавуно- і шлаковозів, відділенням на жолобі чавуну від шлаки; постійно контролювати роботу фурмених і охолоджувальних пристроїв. Від уміння, знань, швидкості реакцій горнових залежать запобігання аварійних ситуацій, аварійних викидів газу й пилу, зниження простоїв устаткування. Більша роль належить газівникові доменної печі, від якого потрібні особливі знання й висока кваліфікація. Він повинен знати фізико-хімічні властивості сировини, що завантажується в піч, і випускаються чавуну й шлаків, пристрій доменної печі й допоміжного устаткування, контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматизації. Газівник повинен вести спостереження за нагріванням

повітря й перекладом повітронагрівача «з газу на повітря», а після остигання насадки «з повітря на газ». Спеціальна служба повинна стежити за роботою газоочисного й пиловловлюючого встаткування.

2.4 Методи очищення від пилу

Засоби захисту від пилу розділяються на загальні, за допомогою засобів забезпечується поліпшення умов праці у виробничому приміщенні в цілому або на робочих місцях поблизу джерел пилоутворення, і індивідуальні, застосування яких захищає органи дихання, обличчя й очі робітників. До загальних засобів захисту ставляться системи природної й штучної вентиляції, застосування різних пиловловлюючих апаратів для видалення пилу із приміщень і робочих зон безпосередньо від місць її утворення й ряд організаційних мір, спрямованих на зниження запиленості й збирання пилу на промисловому й робочому місцях. Очищення повітря від пилу робочих приміщень здійснюється шляхом уловлювання й осадження її спеціальними пристроями. Пилоуловлюючі апарати засновані на різних принципах і мають різноманітні конструктивні рішення. У зв'язку із цим запропоновані різні класифікації пилоуловлюючих пристроїв. Всі пилоуловлюючі пристрої можна розділити на чотири великі групи (рис. 2.1): а) сухі механічні апарати; б) апарати із застосуванням води; в) апарати із застосуванням фільтрів; г) комбіновані пристрої.

Правильне застосування апаратів будь-якої групи дає позитивний ефект по вловлюванню пилу. Однак при виборі пристроїв необхідно враховувати їхні недоліки. Так, сухі механічні апарати характеризуються вторинним віднесенням пилу, мають більші габарити.

Апарати із застосуванням води характеризуються споживанням великої її кількості. Використання води вимагає дорогого очищення й будівлі відповідних споруджень. В апаратах із застосуванням води утворяться нарости й кислі рідини.

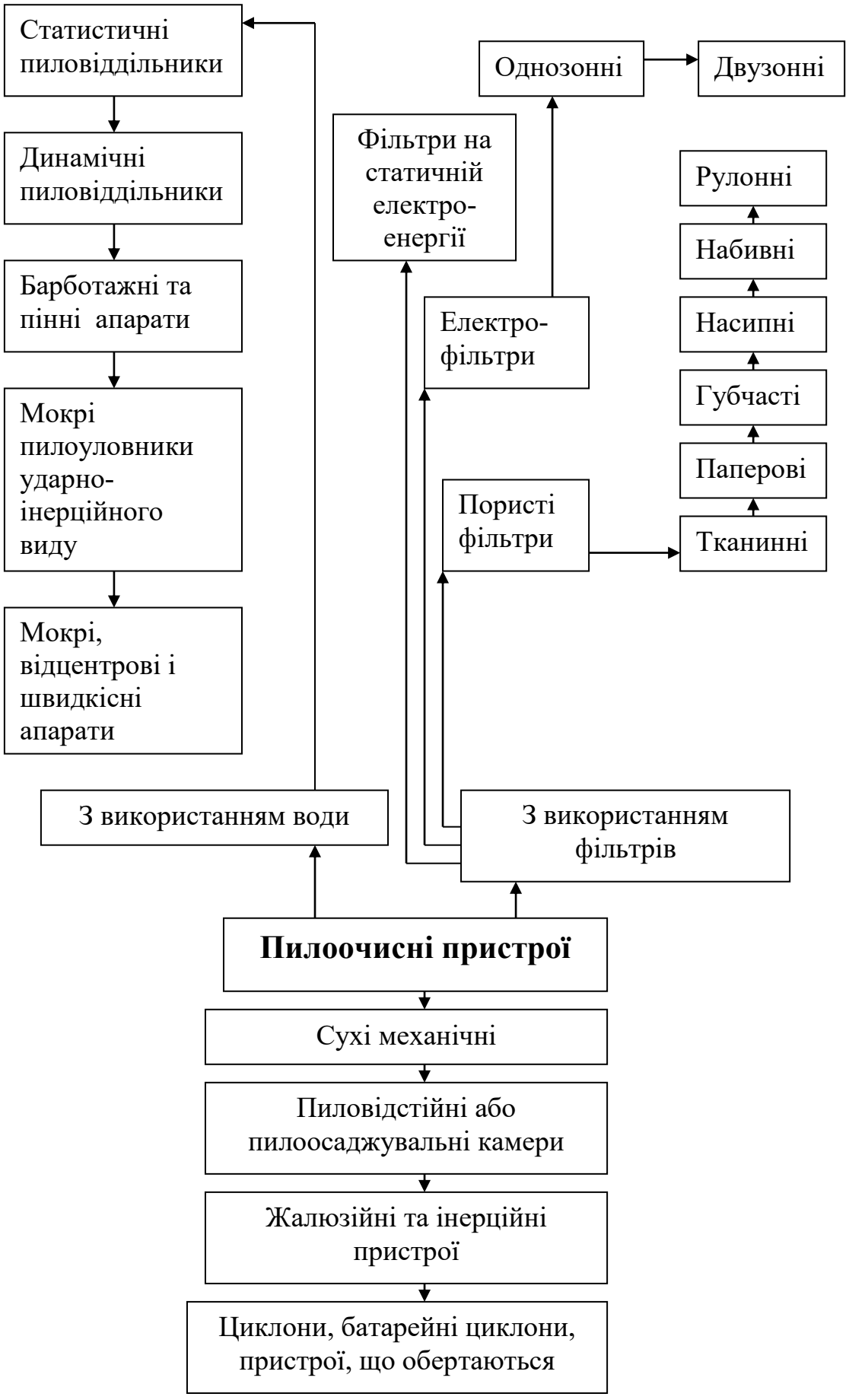


Рисунок 2.1 – Пилоочисні пристрої

Істотним недоліком пристроїв цієї групи є винос часток рідини, що негативно позначається на здоров'я людей і технологічному устаткуванні.

Електрофільтри характеризуються зворотним здійманням пилу. Електрофільтри категорично забороняється застосовувати, якщо пил має вибухові властивості: ця група апаратів вимагає постійного кваліфікованого відходу.

Комбінованим пристроям властиві недоліки тих пилоочисних апаратів, які використовуються в I, II, III групах. Така класифікація дає можливість із урахуванням технології робіт вибрати ефективні й економічно більше вигідні пиловловлюючі апарати й сприяти збереженню навколишнього середовища.

Принцип роботи пилоосаджувальних камер заснований на використанні сили ваги при повільному русі пилового потоку в камері. На частку пилу з однієї сторони діє сила повітряного потоку, що змушує порошину рухатися уздовж камери зі швидкістю.

Таким чином, основними параметрами, що визначають ефективність апаратів по мірі очищення залежно від діаметра й густини речовини часток, є висота й довжина пилевідстійних камер. При швидкостях руху повітря 0,3-0,4 м/с уловлюються частки пилу діаметром 15-25 мкм. Для зменшення швидкості повітря до 0,02-0,01 м/с доводиться будувати камери великого перетину. Другим напрямком по підвищенню ефективності вловлювання пилу в камерах є пристрій перегородок, лабіринтів, полиць і інших пристроїв і пристосувань, установлюваних на шляху руху запиленого повітря. Цей напрямок дає можливість більш ефективно використовувати швидкість осадження за рахунок сили ваги й використовувати ефект осідання й прилипання до поверхні часток пилу.

Ультразвукові апарати призначаються головним чином для попереднього укрупнення часточок пилу в агрегати, розміри яких можуть досягати 5-100 напівтемний. Таке укрупнення (коагуляція) часточок пилу дозволяє вловлювати їх у звичайних циклонах. Частки пилу, перебуваючи в ультразвуковому полі, починають вібрувати з різними швидкостями й

зіштовхуватися. При зіткненні вони сліпаються під дією різних по інтенсивності й частоті коливань звукового поля. Цей процес називається ортокінетичною коагуляцією.

Відзначимо, що недоліком ультразвукових установок є шкідливий вплив ультразвуку на організм людини при більших потужностях, що представляє небезпека для життя людей. Тому ультразвукові апарати встановлюють в ізольованих приміщеннях, що повністю перепиняють вихід ультразвуковим хвилям у зону роботи людей.

Принцип дії мокрих пиловловлювачів заснований на явищах, які в барботажних і пінних апаратах газ проходить через шар рідини. Скрубери, де газ проходить через шар рідини, залежно від підведення води стосовно газу, діляться на прямоточні, протиточні й поперечним підведенням води. По швидкості газового потоку мокрі пиловловлювачі діляться на швидкісні або турбулентні (при проходженні газу через труби Вентурі, де при швидкостях 100-150 м/с спостерігаються турбулентні пульсації) і апарати з невеликою швидкістю витікання газу (порожні й насадочні скрубери).

Ефективним засобом уловлювання пилу є циклон (рис 2.2). Циклон являє собою циліндр, у верхню частину якого по дотичній підводить повітря. Повітряний струмінь одержує обертові рухи, пилові часточки за рахунок відцентрових сил притискаються до стінок і по них опускаються долілиць. Коефіцієнт очищення до 90%, за рахунок змочування 95-98 % [5].

Відцентрові пиловіддільники (циклони) більше ефективні, чим пилостійкі камери, тому що циклон з обсягом 0,15 $м^3$ має продуктивність 1000 $м^3$/год. Циклони різних конструкцій можна ставити на нагнітаючий і усмоктувальний трубопровід.

В даний час експлуатуються циклони різних конструкцій. Як показали порівняльні випробування сухих відцентрових циклонів, слід віддавати перевагу циклонів конструкції НІІОгаза, які більш досконалі і здатні з достатньою ефективністю уловлювати частинки пилу розміром більше 10 мкм.

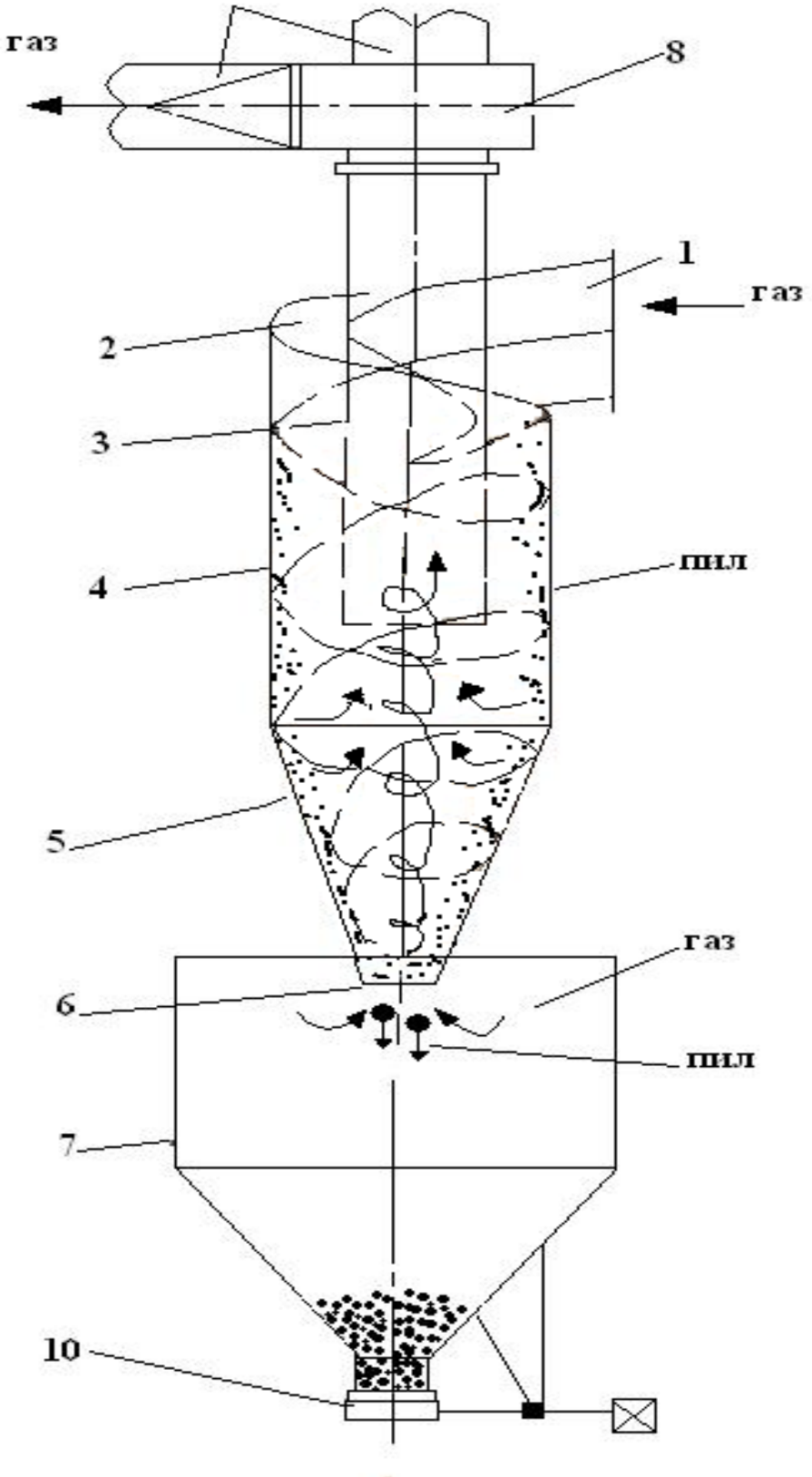


Рисунок 2.2 – Циклон конструкції ЦН НІІОгаза

Незважаючи на конструктивні особливості циклонів різних типів, всі вони мають загальний принцип дії. Запилений потік газу надходить у циклон

через вхідний патрубок 1, розташований у верхній частині апарата по дотичній до циліндричної частини корпусу 4 циклону. У результаті такого розташування вхідного патрубка газовий потік при вході в циклон набуває обертальний рух і рухається зверху вниз в кільцевому просторі між зовнішньою поверхнею вихлопної труби 3 та внутрішньою поверхнею циліндричної частини циклону. У циклоні конструкції ЦН НІІОгаза для посилення обертального руху газу відразу ж за вхідним патрубком влаштована гвинтоподібно кришка 2. Разом з газом обертальний рух набувають і містяться у ньому частки пилу. При обертанні частинок на них діє відцентрова сила, яка відкидає частинки до внутрішньої поверхні корпусу циклону. Газ разом з пилом утворює в циклоні спадний кільцевой вихор.

Для збільшення швидкості пилу перед попаданням її в бункер за циліндричної частиною бункера роблять конічну частину 5. Це необхідно для того, щоб пил володів великою силою інерції, за рахунок якої вона могла б вільно відділятися від газу в бункері. Пройшовши конічну частину 5, газ виходить через отвір пиловипускний отвір 6 бункер циклону 7 і виносить у неї пил. У бункері потік газу втрачає швидкість, внаслідок чого з нього випадають частинки пилу. Потік звільненого від пилу газу розгортається на 180 º С та зважаючи на розрідження, що виникає в центральній частині корпусу циклону, всмоктується через пиловипускний отвір у вихлопну трубу 3, утворюючи внутрішній вихор (суцільна лінія). У міру руху газу до вихлопної трубі до нього приєднується відокремилася від спадного вихору частину газу, що втратила швидкість і звільнена від пилу.

Очищений від пилу газ виводиться з апарату або через равлика 8, перетворюючу гвинтоподібно рух потоку в прямолінійне, або безпосередньо через патрубок 9, який вміщують вертикально за вихлопною трубою 3. Внизу в бункері встановлюють пиловий затвор 10, через який пил видаляється з апарату. З огляду на те що бункер бере участь у. Аеродинаміці процесу очищення газу, циклони не можна експлуатувати без бункера.

Незважаючи на тривалий час експлуатації циклонів для очищення газу,

ще не створена стрункa теорія циклонного процесу. Вважають, що рух частинок пилу в радіальному напрямку до стінок циклону проходить за рівновазі відцентрової сили, що відкидають частку з обертового газового потоку, і сили опору руху частинки з боку газового потоку.

Циліндричні циклони НИИОГАЗ: ЦН-11, ЦН-15, ЦН-15У, ЦН-24 призначені для сухої очистки газів, що виділяються при технологічних процесах (сушка, обпалювання, агломерація, спалення палива та інші), а також для очистки аспіраційного повітря. Вони застосовуються на підприємствах чорної та кольорової металургії, хімічної та нафтової промисловості, промисловості будівельних матеріалів, в машинобудівництві, енергетиці. Не рекомендуються для використання при вловлені пилу, що сильно злипаються (особливо при малих діаметрах циклонів). Циклони ЦН-15 відрізняються від інших циклонів ЦН меншою висотою й мають більш низькі техніко-економічні показники. Тому їх застосовування може бути виправдане тільки в тих випадках, коли є обмеження газоочисної установки за висотою.

Продуктивність циклона залежить від його діаметра, збільшуючись зі зростанням останнього. Ефективність очищення циклонів серії ЦН зменшується зі збільшенням кута входу в циклон. Циліндричні циклони серії ЦН рекомендується використовувати для попереднього очищення газів і встановлювати перед фільтрами чи електрофільтрами.

Основні умови експлуатації циклонів зводяться до наступного:

1. Необхідно слідкувати, щоб в конічній частині циклону не накопичувався пил. Для його збору під циклоном передбачено спеціальний бункер.

2. Підсос повітря в нижній частині циклонів неприпустимий. Бункер для збору пилу повинен бути герметичним. Спуск пилу із бункера здійснюється через патрубок з подвійним затвором-мигалкою, що відрегульований так щоб клапани працювали по черзі.

3. Стандартні конструкції циклонів можуть працювати при температурі не вище ніж 400 °С й тиску (розрідженню) не більше 2,5 кПа.

4. При роботі з газом високої температури циклон всередині футерують вогнетривкими плитами , а вихлопну трубу виконують з жаростійкої сталі або кераміки. При низькій зовнішній температурі мінімальна температура стінки циклона повинна перевищувати температуру точки роси не менш ніж на 20-25. °С . Для забезпечення цієї умови стінки циклонів в ряду випадків покривають ззовні теплоізоляцією.

5. Початкова концентрація пилу, що не злипається, в циклонах діаметром 800 мм і більше допускається до 400 г/м³. для пилу, що злипається і циклонів менших діаметрів концентрація пилу повинна бути в 2 – 4 рази меншою.

6. Циклон повинен працювати з постійним газовим навантаженням. При значних коливаннях витрат повинні встановлюватись групи циклонів с можливістю вимикання окремих елементів.

7. Рекомендується установка циклонів перед вентилятором, щоб останні працювали на очищеному газі і не піддавалися абразивному зносу.

Інтенсивність абразивного зносу залежить від запиленості газу, швидкості газового потоку в циклоні і абразивних властивостей пилу. Однією з мір підвищення зносостійкості циклону є нанесення на поверхню, що зношується стійких к зносу покриттів, наприклад, футеровка циклону плитами з плавленого діабазу, камнелитих матеріалів або броневих плит. Іншим способом захисту від зносу є виготовлення циклонів із зносостійких матеріалів. Важливе значення має і вдосконалення конструкції циклона у напрямку підбору оптимального кута атаки газу на стінки, зниження швидкості газу в циклоні, вибору оптимальної висоти циклона і кута розкриття конуса, зменшення вторинних течій в циклоні і т. п.

Вихідні дані для розрахунку циклона наведено в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для розрахунку циклона

Найменування показника	Позначення	Величина	Одиниці виміру
Температура газу на вході в циклон	T	230	ºС
Розрідження в циклоні	$P_ц$	33	Па
Щільність газу після спалювання	ρ	1,4	кг/м^3
Барометричний тиск	P	102	кПа
Концентрація пилу в газі: перед циклоном	Z	29	г/м^3
Середній розмір часток пилу в газі перед циклоном	d_m	5	мкм
Щільність пилу	$ρ_п$	3000	кг/м^3

1. Щільність газу після його спалювання в теплоутілізаціонной установці

$$\rho = 0{,}01\left(a_{CO_2}\cdot\rho_{co_2} + a_{H_2O}\cdot\rho_{H_2O} + a_{O_2}\cdot\rho_{O_2} + a_{N_2}\cdot\rho_{N_2}\right) =$$

$$0{,}01\left(25\cdot 1{,}976 + 13\cdot 0{,}804 + 0{,}5\cdot 1{,}428 + 61{,}5\cdot 1{,}251\right) = 1{,}375$$

де a_{H2O}, a_{CO2} і т.д. – концентрація CO_2, H_2O і т.д. в газі, %; $ρ_{CO2}$, $ρ_{H2O}$ і т.д. – щільність CO_2, H_2O і т.д. при 0 °С і тиску 0,101 МПа).

2. Щільність при робочих умовах:

$$\rho_г = \rho_{ос}\frac{273\left(P_{бар} - P_ц\right)}{\left(273+T\right)P_{бар}} = 1{,}375\frac{273\left(102\cdot 10^3 - 33\right)}{\left(273+230\right)102\cdot 10^3} = 0{,}746\ \text{кг/м}^3.$$

3. Витрата газу при робочих умовах:

$$V_г = \frac{\rho_{ос}}{\rho_г} \cdot \frac{V_{ос}}{3600} = \frac{1{,}375}{0{,}746} \cdot \frac{17875}{3600} = 9{,}15 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4. Діаметр циклону при оптимальній швидкості:

$$W_{опт} = 3{,}5 м/с$$

$$D = \sqrt{\frac{V_г}{0{,}785 \cdot W_{опт}}} = \sqrt{\frac{9{,}15}{0{,}785 \cdot 3{,}5}} = 1{,}82 м.$$

Приймаємо найближчий стандартний діаметр циклону 1800 мм, тоді дійсна швидкість газу в циклоні:

$$W_ц = \frac{V_г}{0{,}785 \cdot D^2} \cdot \frac{9{,}15}{0{,}785 \cdot 1{,}8^2} = 3{,}598 \text{ м/с}.$$

Дійсна швидкість газу відрізняється від оптимальної на:

$$\delta = \frac{W_{опт} - W_ц}{W_{опт}} \cdot 100\% = 2{,}8\% < 15\%,$$

що знаходиться в межах норми. Отже, зупинимося на вибраному циклоні і знайдемо всі інші розміри відповідно з нормаллю на циклон конструкції НІІО газу типу ЦН-15. (рис. 2.3).

Визначення розмірів циклону:

- діаметр підвідного патрубка $D_1 = 0{,}670 = 0{,}67 \cdot 1{,}8 = 1{,}2$ м;
- діаметр відвідного патрубка $D_2 = 0{,}6D = 0{,}6 \cdot 1{,}8 = 1$ м;
- висота:
- циліндричної частини циклону $H_1 = 2{,}26D = 2{,}26.1{,}8 = 4{,}068$ м = 4 м;
- конусної частини циклону $H_2 = 2D = 3{,}6$ м;
- діаметр отвору для випуску пилу $D_3 = 0{,}3D = 0{,}3 \cdot 1{,}8 = 0{,}54$ м;
- загальна висота циклона $H_3 = 4{,}56D = 4{,}56 \cdot 1{,}8 = 8{,}2$ м.

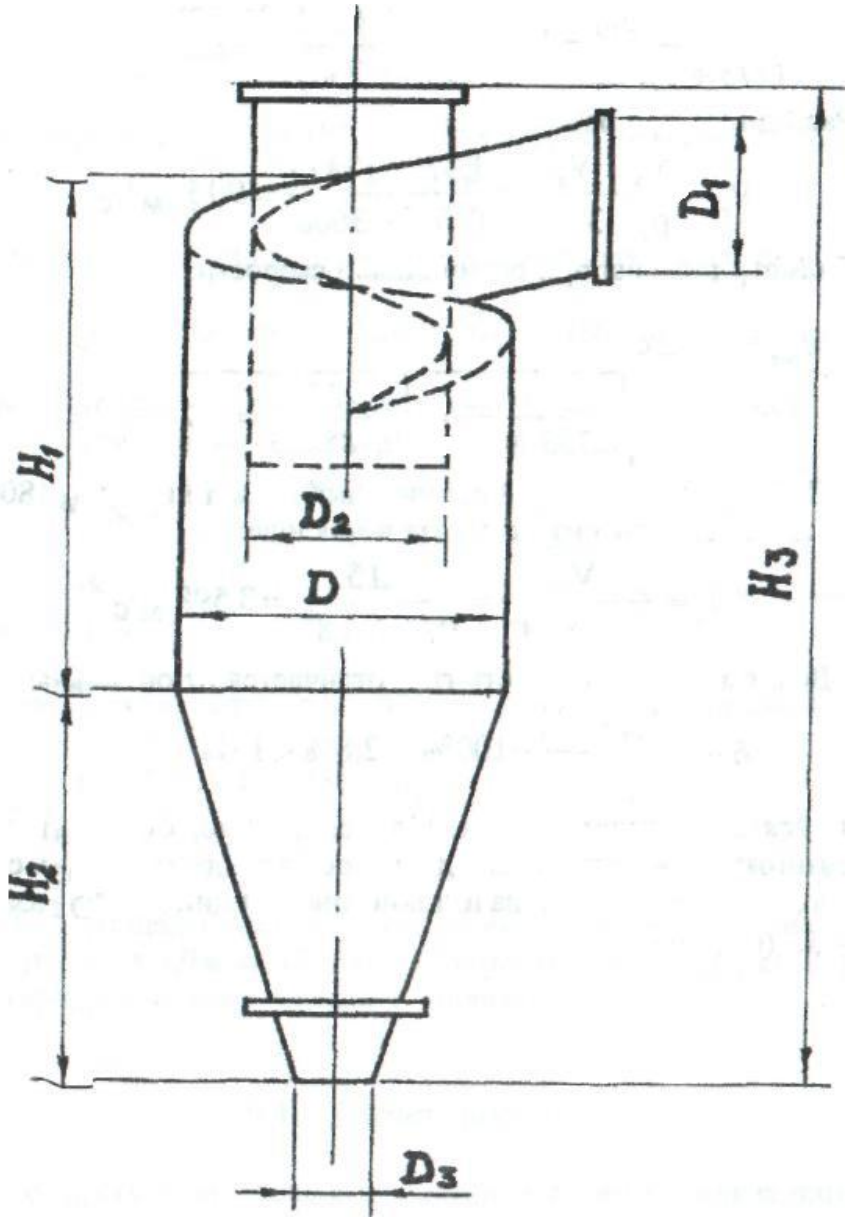


Рисунок 2.3 – Циклон ЦН-15

5. Коефіцієнт опору циклону:

$$\xi = K_1 \cdot K_2 \cdot \xi_{500} + K_3 = 1 \cdot 0{,}9155 \cdot 15 + 0 = 141{,}9$$

6. Гідравлічний опір циклону:

$$\Delta P = \xi \frac{W^2{}_ц}{2} \cdot \rho_г = 141{,}9 \cdot \frac{3{,}598^2}{2} \cdot 0{,}746 = 685{,}2 \text{ Па.}$$

7. В'язкість газу після спалювання для умов Т = 0°С и Р=0,101 МПа:

$$\mu = 0{,}01\left(a_{co_2}\cdot\mu_{co_2} + a_{H_2O}\cdot\mu_{H_2O} + a_{O_2}\cdot\mu_{O_2} + a_{N_2}\cdot\mu_{N_2}\right) = 0{,}01\left(25\cdot 13{,}7 + 13\cdot 10 + 0{,}5\cdot 20{,}3 + 61{,}5\cdot 17\right) = 15{,}28\cdot 10^{-6}\ Па\cdot с$$

В'язкість газу при робочих умовах:

$$\mu = \mu_0\,\frac{273+C}{T_{абс}}\cdot\sqrt{\left(\frac{T_{абс}}{273}\right)} = \mu_0\,\frac{273+C}{T_{абс}+C}\cdot\sqrt{\left(\frac{273+230}{273}\right)^3} = 2{,}5\mu_0\,\frac{273+C}{T_{абс}+C},$$

$$\mu_{CO_2} = 2{,}5\cdot 13{,}7\cdot 10^{-6}\,\frac{273+254}{503+254} = 23{,}85\cdot 10^{-6}\ \text{Па·с},$$

$$\mu_{H_2O} = 2{,}5\cdot 10\cdot 10^{-6}\,\frac{273+961}{503+961} = 21{,}08\cdot 10^{-6}\ \text{Па·с},$$

$$\mu_{O_2} = 2{,}5\cdot 20{,}3\cdot 10^{-6}\,\frac{273+131}{503+131} = 32{,}55\cdot 10^{-6}\ \text{Па·с},$$

$$\mu_{N_2} = 2{,}5\cdot 17\cdot 10^{-6}\,\frac{273+114}{503+114} = 26{,}67\cdot 10^{-6}\ \text{Па·с},$$

$$\mu_0 = 0{,}01\cdot 10^{-6}\left(25\cdot 23{,}85 + 0{,}5\cdot 32{,}35 + 61{,}5\cdot 26{,}67 + 13\cdot 21{,}08\right) = 25{,}27\cdot 10^{-6}\ \text{Па·с}.$$

8. Розмір часток d50, уловлюваних обраним циклоном робочих умовах з ефективністю 50%:

$$d_{50} = d_{50}^{T}\cdot\sqrt{\frac{D}{D_T}\cdot\frac{\rho_{пт}}{\rho_n}\cdot\frac{\mu}{\mu_T}\cdot\frac{W_г}{W}},$$

де $D^т$, $\rho_{пт}$, $\mu_т$, $W_т$ – величини, що відповідають умовам, при яких получена величина $d_{50} = 4{,}5$ мкм;

D, $\rho_п$, μ, W – величини, відповідні дійсним умовам роботи циклону.

$\mu т = 25{,}27 \cdot 10^{-6}$, W = 3,6 м/с, $\rho_п = 3000$ кг/м^3

$$d_{50} = 4{,}5\sqrt{\frac{1800}{1600}\cdot\frac{1930}{3000}\cdot\frac{25{,}27\cdot10^{-6}}{22{,}2\cdot10^{-6}}\cdot\frac{3{,}5}{3{,}6}} = 6{,}58.$$

8. Середньоквадратичне відхилення обчислимо з виразу:

9.

$$\lg\sigma_n = \lg\frac{d_{84{,}1}}{d_m} = \lg\frac{17}{5} = 0{,}531.$$

10. Величину X знаходимо з виразу:

$$X = \frac{\lg\left(d_m / d_{50}\right)}{\sqrt{\lg^2\sigma_\eta + \lg^2\sigma_\eta}},$$

для циклона типа ЦН-15 $\lg\sigma_\eta = 0{,}352$.

$$X = \frac{\lg\left(5/6{,}58\right)}{\sqrt{0{,}531^2 + 0{,}352^2}} = -0{,}187.$$

При X= -0,187, Ф(X) = 0,4250.

10. Ступінь уловлювання пилу в циклоні:

$$\eta = 50\left[1 + \Phi(X)\right] = 50\left(1 + 0{,}425\right) = 71{,}25\%.$$

2.5 Очищення від пилу повітря підбункерної естакади

Бункера в доменних печах призначені для тимчасового зберігання подаваних до доменної печі шихтових матеріалів. У саморозвантажних

вагонах їх привозять із агломераційної фабрики й зі складів, тобто в бункери надходять агломерат, кокс і флюси. З бункерів вони зсипаються у вагон-ваги, які рухаються по рейках під бункерами, і з них порціями надходять у скіпи. Часто матеріали при вивантаженні з бункерів, особливо кокс, просівають.

Така система завантаження є джерелом величезної кількості пилу, що дуже важко або взагалі неможливо видалити за допомогою аспіраційних пристроїв. Дотепер не вдалося знайти ефективного способу збору й відводу із цієї ділянки забрудненого повітря для його очищення від пилу, тому що його утвориться дуже багато, а недолік виробничих площ у грубному прольоті не дозволяє встановлювати відвідні канали великого перетину.

Так, із зони завантаження скіпів, тобто зі скіпової ями доменної печі об'ємом 1000 $м^3$, необхідно було б відводити 100 тис. $м^3$ повітря в годину, щоб досягти бажаного ступеня очищення.

Для зменшення числа джерел пилу й досягнення можливості їхньої герметизації й відводу забрудненого повітря на проектованих металургійних підприємствах передбачають ряд заходів: подачу шихти в бункери стрічковими транспортерами замість вагонів; перевантаження матеріалів з бункерів через грохоти й ваги безпосередньо на транспортери, що подають їх на колошник печі. Крім того, подача в доменну піч шихти певного гранулометричного складу дозволяє інтенсифікувати металургійний процес, зменшити викид пилу через колошник і вміст пилу в доменному газі.

Для очищення аспіраційного повітря підбункерних приміщень від пилу використовуються різні схеми очищення. Так, на ряді металургійних заводів знайшла застосування двоступінчаста схема з використанням як перший ступінь батарейних циклонів, встановлених до димососів, а як другий – мокрих пиловловлювачів відцентрового типу, що встановлюються після димососів перед витяжною трубою або поєднаних з нею (рис. 2.4).

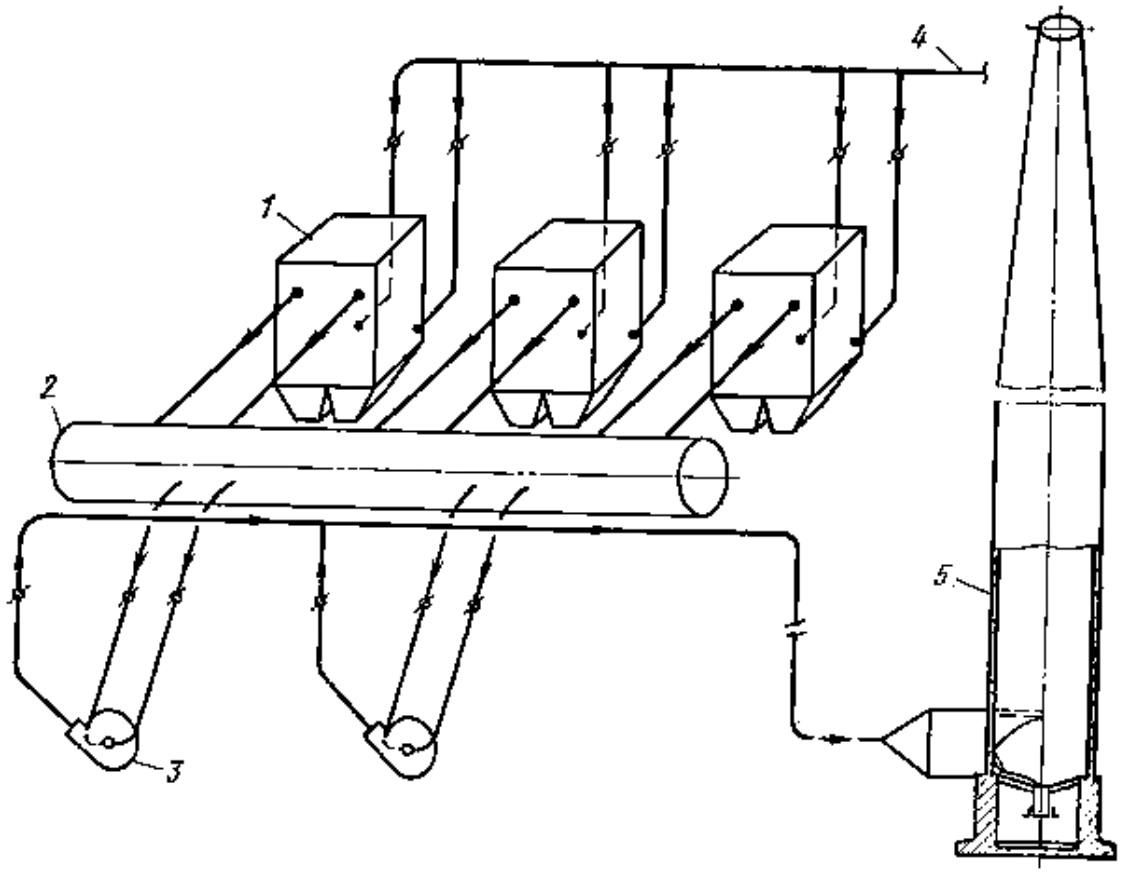


Рисунок 2.4 – Схема очищення аспіраційного повітря підбункерного приміщення доменних печей із застосуванням батарейних циклонів: 1 – батарейний циклон; 2 – колектор; 3 – димосос; 4 – від бункерної естокади; 5 – димова труба

Розглянемо технологічну схему установки очищення газів, що відходять з підбункерної естакади (рис. 2.5).

На існуючих старих доменних печах для очищення повітря, що відсмоктується з бункерної естакади доменного цеху, застосовують циклони або мультициклони. Але з урахуванням вимог, що підвищуються до чистоти газів, що викидаються в навколишнє середовище, для пилоочистки почали використовувати електрофільтри. З їхньою допомогою знижується вміст пилу в очищеному повітрі до декількох десятих часток міліграма в кубічному метрі.

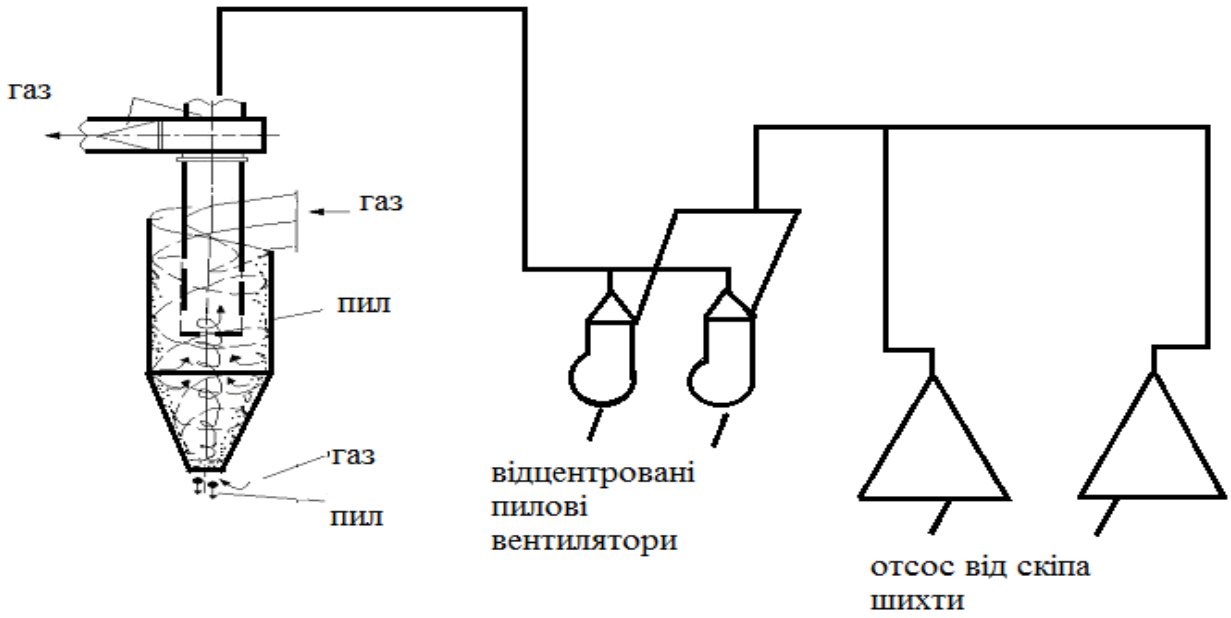


Рисунок 2.5 – Технологічна схема установки очищення газів, що відходять з підбункерної естакади

2.6 Зниження викидів пилу з доменної печі

Більші об'єми пилу утворяться у верхній частині доменної печі – на колошнику. У випадку несправностей завантажувальних апаратів навколишнє середовище забруднюється пилом і токсичними газами. У нормальних умовах роботи шкідливий пил і гази не повинні виходити в атмосферу.

Колошниковий газ, що виділяється, виносить із печі дрібні часточки шихти. Об'єм цього пилу залежить від кількості зерен, діаметр яких менше критичного при певній швидкості доменного газу. Чим вище швидкість газу, тим більше критичний діаметр зерен у ньому. Швидкість газу прямо пропорційна тиску газу під колошником. Вона також залежить від конструкції печі (діаметр колошника) і технології плавки (температури, складу й обсягу газу, що виділяється, з розрахунку на одну тонну сировини).

Кількість колошникового пилу можна регулювати зміною крупноти шихти (усунення дрібних шматків) і тиску газу під колошником. Інші параметри більш-менш постійні для даної печі й для даного сорту виплавлюваного чавуну.

Відомо, що при русі часток пилу сила, що підтримує ці частки й викликана рухом газу, дорівнює силі ваги, що діє на часточки, що перебувають у доменній печі у зваженому стані. З печі видуваються частки пилу вагою, меншим, чим сила, що впливає на них. Колошниковий пил характеризується кількістю часток, розміри яких менше критичних. Для визначення кількісних співвідношень необхідно знати гранулометричний склад шихти (залежність між розмірами часток і їхньою кількістю у відсотках). При пилу щільністю 5 г/см^3 із шахти в колошниковий простір виносяться частки пилу з масою 25 мг. З порожнього колошника внаслідок більших швидкостей газу, що проходить через шихту в доменній печі, виносяться в той же час частки пилу розміром до 250 мкм.

Для визначення впливу тиску на розміри часток колошникового пилу необхідно встановити залежність між тиском і критичною величиною частки для певних кількостей дуття. Цю залежність можна виявити шляхом складних обчислень для кожного виду завантаженого матеріалу. Таким способом можна точно визначити вплив підвищення тиску газу на гранулометричний склад колошникового пилу при рівномірній роботі печі. Однак на практиці все значно складніше. Доменний пил утвориться як під час рівномірної роботи печі, так і в інших умовах її роботи, наприклад у процесі завантаження шихти й під час нерівномірного ходу процесу. Внаслідок цього в доменному пилу є також частки величиною вище, ніж треба з теоретичних розрахунків. За отриманим даними, кількість колошникового пилу знижується на 20-50%, коли тиск газу підвищується від 50 до 70 кН/м^2.

За даними досліджень, при завантаженні в піч агломерату й кускової руди замість несортової руди кількість колошникового пилу зменшується на 8-

15%, при цьому одночасно можливо підвищення кількості дуття на 10%. При застосуванні шматків шихти потрібного розміру й тиску до 80 кН/м^2 кількість колошникового пилу знижується на 17-40%. При підвищенні тиску до 130 кН/м^2 кількість колошникового пилу знижується на 50-70 %.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Основні шкідливі та небезпечні фактори доменного цеху

Забезпечення безпечних і здорових умов праці на виробництві є в нашій країні одним з головних принципів організації виробництва і важливою умовою зростання продуктивності праці. У доменних цехах в результаті особливостей технологічного процесу, що супроводжується утворенням великих кількостей надлишкового тепла, інфрачервоної радіації, пилу і газів, питання створення сприятливих санітарно-гігієнічних умов праці набувають особливого значення.

Серед питань, пов'язаних з нормалізацією умов праці в доменному виробництві, значне місце займають питання боротьби з надлишковою теплом. Основними джерелами теплового випромінювання в доменних цехах є нагріті поверхні печей, розплавлених металу та шлаку, трубопроводів і т. п. Поряд з тепловипромінювання від гарячих поверхонь відбувається нагрівання повітря, що підвищує температуру в приміщеннях. Більшість ділянок доменного цеху характеризується надлишками тепла [6].

В умовах високих температур різко послаблюється увага людини і сповільнюються відповідні реакції, що вельми істотно позначається як на безпеці, так і на продуктивності праці. Для виробничих приміщень передбачені норми оптимальних поєднань температури, відносної вологості та швидкості руху повітря на робочих місцях для холодного і теплого періодів року. Рух повітря на робочих місцях і в приміщеннях залежить як від різниці температур зовнішнього і внутрішнього повітря, так і від потужності установок примусової механічної вентиляції. Ці два чинники є ефективними регуляторами навіть за наявності потужних нагрівають пристроїв і переміщенні великих кількостей розплавлених металу та шлаку.

До істотних шкідливостями доменного виробництва відносяться також запиленість і загазованість повітряного середовища. Джерелами виділення

пилу і газів є поверхні розплавлених металу та шлаку, процеси дроблення, змішання, транспортування пильних матеріалів.

Шкідливі речовини відповідно відносяться до 3-го класу небезпеки, граничнодопустима концентрація (ГДК) коливається від 2 до 7-9 мг/м^3. Фактичне значення змісту пилу в доменному цеху становить 9-15 мг/м^3 по ступені впливу на організм залежно від ГДК шкідливі речовини які знаходяться в пилу ставляться до 4-му класу небезпеки, ГДК – понад 10 мг/м^3.

Дія пилу на організм залежить від її хімічного складу, дисперсності частинок і взаємодії між інгредієнтами. Тривале перебування в умовах підвищеної запиленості або загазованості може призвести до розвитку захворювань органів дихання, а також до шкірним захворюванням. Марганець ГДК = 0,05 мг/м^3 викликає у людини дратівну, канцерогенну, мутагенну дію; викликає слабість, сонливість, розлади психіки, сірчаний ангідрид ГДК = 10мг/м^3 у людини дратує очі, дихальні шляхи, кровотворні органи; викликає сльозотечу, кашель.

Частина пилу, в основному найбільш великі фракції, досить швидко осідає. Найбільш дрібні фракції пилу довгий час висять в повітрі, створюючи запиленість виробничих приміщень. Деякі види пилу, наприклад кварцова, цинкова, вельми агресивні за їх впливом на організм людини, апаратуру, технологічне обладнання, покрівлю промислових і цивільних споруд. Крім того, що викидається в атмосферу пил різко погіршує загальні метеорологічні умови в районі доменного цеху і його околицях.

Для вентиляції доменних цехів повинна передбачатися подача припливного повітря з віддаленого від доменної печі центрального воздухозабора. Повітрозабірні станції повинні розташовуватися в районах найменшою запиленості. При запиленості в районі станції 0,5 мг/м^3 і вище подається повітря повинен пройти відповідну очистку. Вентиляційна лабораторія заводу зобов'язана регулярно відбирати проби повітря на ділянках зі значними газо- і пиловиділення і інформувати про результати

аналізів керівників доменного цеху.

У процесі роботи доменних цехів шум, як правило, не перевищує гранично допустимих рівнів. Незважаючи на це, зниження виробничого шуму в доменних цехах має велике значення. Шум надає дратівлива дія, прискорює процес стомлення, послаблює увагу і уповільнює психічні реакції. З цих причин сильний шум в умовах виробництва може сприяти виникненню нещасних випадків і веде до зниження продуктивності праці. При зростанні рівня шуму від 70 до 80-90 дБ витрати енергії у робітника підвищуються на 17-20 % [7].

При складанні санітарно-гігієнічної характеристики необхідно враховувати природне і штучне освітлення. Природне світло проникає у виробничі приміщення через світлові ліхтарі і фрамуги. При недостатній очищенню засклення природне освітлення значно знижується (до 15-20 % розрахункової норми, закладеної при проектуванні будинків). Тому умови доменного виробництва вимагають частої очищення скління.

Штучне освітлення забезпечується раціональним розміщенням світлових точок з відповідною освітлювальною арматурою. У доменних цехах слід пред'являти підвищені вимоги до освітленості, так як доменне виробництво відноситься до виробництвам з підвищеною небезпекою травматизму. У таких виробництвах потрібно підвищувати рівень освітленості на один ступінь рекомендованої шкали.

Розвантаження і транспортування сирих матеріалів (коксу, руди, агломерату і т. п.) супроводжується виділенням значних кількостей пилу в повітряний басейн рудного двору. Кількість сирих матеріалів, що надходять на рудний двір, можна характеризувати наступним прикладом: на виплавлений 1 млн. т чавуну витрачається приблизно 3 млн. т сирих матеріалів. Основними джерелами пиловиділення є розвантаження вагонів, перевантаження руди грейферними кранами, навантаження і розвантаження трансферкара.

Таблиця 3.1 – Параметри санітарно-гігієнічних умов праці

№ п/п	Параметри	Фактичне значення	Нормативне значення	Відповідність фактичних значень нормативним
1	Температура повітря, °С - теплий період - холодний період	 27-34 20-23	 28 20	Фактичне значення перевищує нормативне
2	Відносна вологість, %	35-50	40-60	Фактичне значення відповідає нормативному
3	Швидкість руху повітря, м/с	0,7	0,5-1	Фактичне значення відповідає нормативному
4	Освітленість, лк	75	20-40	Фактичне значення перевищує нормативне
5	Рівень шуму, дБА	95-100	60-75	Фактичний рівень шуму перевищує нормативний

Концентрації пилу на рудному дворі коливаються від 10 до 120 мг/м^3, на бункерної естакаді – від 16 до 1000 мг/м^3. Максимальних значень концентрація пилу досягає під час навантаження та розвантаження пильних матеріалів.

Виробничий шум на рудному дворі і бункерної естакаді, як правило, не перевищує допустимих рівнів. Вплив шуму відчувають машиністи рудного крана, вагоноопрокі-дивателя, вагонотолкателя, трансферкара.

Зниження шкідливого впливу пилу на організм людини на сучасних рудних дворах здійснюється головним чином за рахунок комплексної механізації робіт на рудному дворі, установки вагоноперекидачів, обладнаних пристосуваннями для очищення вагонів від шихтових матеріалів, доставки шихти на бункерної естакади в саморозвантажуються вагонах, подачі шихти з рудного двору на бункерних естакаду конвеєрами [8].

Таким чином, основним напрямком поліпшення умов праці на рудних дворах є ліквідація ручної праці, механізація важких і трудомістких робіт. Рівень механізації вантажно-розвантажувальних робіт на рудних дворах сягає 90-95 %. Хороші результати дає застосування дрібнодисперсного води для придушення пилу в місцях утворення. Тому місця вантажно-розвантажувальних робіт з пилять матеріалами слід обладнати водораспилітелямі.

Поліпшення умов праці на бункерних естакадах сприятиме постачання доменних печей відсіяні від дрібних фракцій (0-10 мм) охолодженим агломерату та залізорудних окатишів. У галереях конвеєрів для подачі шихтових матеріалів слід передбачати укриття перевантажувальних вузлів та інших місць пилоутворення з пристроєм аспірації, зрошення водою місць пилення і т. п.

На бункерних естакадах, де кокс подається транспортерами, а агломерат – залізничними вагонами, галерея коксоподачі повинна бути ізольована від залізничних шляхів, щоб запобігти доступ пилу в приміщення галереї під час розвантаження вагонів з агломерату на бункерах.

Для обігріву та відпочинку обслуговуючого персоналу бункерної естакади повинні бути обладнані опалювальні приміщення.

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей та небезпеки в доменному цеху

На підставі шкідливих і небезпечних виробничих факторів, властивому розглянутому виробництву, розроблені конкретні інженерно-технічні заходи щодо зниження або усунення їхнього впливу на обслуговуючий персонал.

Для зниження теплових впливів на обслуговуючий персонал передбачаються наступні заходи [8]:

1. зменшення тепловиділень безпосередньо в джерелах теплоти;
2. захист робочих місць від теплових впливів;
3. організація короткочасних перерв у роботі.

Для зменшення тепловиділень безпосередньо в джерелах теплоти передбачаються застосувати наступні міри:

- теплова ізоляція з використанням неорганічних (піношамот, діатоміт, азбест, хв. вата, керамзит) і органічних матеріалів (коркова плита, термоізоляційний картон, поролон, пінопласт);

- екранування джерел випромінювання, або робітників місць від дії променистої енергії. По конструкції екрани можуть бути: одношарові, багатошарові, з повітряним або водяним прошарком.

- охолодження печей – водяне й випарне.

Визначити параметри повітряного душа для желобщиков доменної печі, що піддаються тепловому опроміненню інтенсивністю близько 10 кал/(см^2·хв) = 6000 ккал / (м^2·год).

Швидкість повітряного факела, що омиває робітника, 4 м/с, температура повітря на робочому місці, що надходить з кондиціонера, 15^{0}С; час опромінення 10 с = 1/360 год. Періоди опромінення та пауз чергуються, при цьому пауза дорівнює 20с. Рішення: Визначимо підвищення температури шкіри без урахування охолодження [10]:

$$\Delta t = 0{,}886 \cdot (1/9) \cdot (1 - 0{,}2) \cdot 6000 = 24\ ^0\text{C}.$$

Тоді температура шкіри, схильної до опромінення, буде дорівнює:

$$34 + 24 = 58\ ^{o}C,$$

де 34 – температура шкіри, що не підлягає опроміненню.

Визначимо, наскільки зменшиться теплонадходження при відведенні тепла рухомим повітрям:

$$Q_{охл} = 30 \cdot (59 - 15) = 1320 \text{ ккал}/(м^2 \cdot год);$$

$$Q_{ісп} = 1 \cdot 620 = 620 \text{ ккал}/(м^2 \cdot год),$$

де 620 – витрата тепла на випаровування 1 кг води при температурі 55 ^{o}C, ккал/(м^2 ·год).

Сумарний відвід тепла складе 1940 ккал/(м^2·год), що відповідає приблизно 33 % теплопоступленія при безперервному опроміненні. Насправді в період паузи охолоджуючий ефект повітряного душа і випаровування буде продовжуватися. Тому до наступного періоду опромінення відвід тепла складе приблизно 66 %.

Як видно з прикладу, при короткочасному інтенсивному опроміненні, що чергуються з паузами, душіроване повітрям із заданими параметрами забезпечує повний відвід тепла з тіла робітника.

У прикладі встановлено, що при безперервному опроміненні душіроване охолодженим повітрям забезпечить відведення тільки 1/3 тепла. Для повного відведення тепла необхідно з поверхні тіла й одягу людини випаровувати воду:

$$Q = (6000\text{-}1940): 620 = 6{,}5 \text{ л }/(м^2 \cdot год).$$

При швидкості повітряного потоку 4 м/с і площі тіла робочого 1,2 м^2 вміст вологи в повітрі

$$6500\ (4 \cdot 1{,}2 \cdot 3600) = 0{,}43\ \text{г/м}^3.$$

При інтенсивності опромінення 8 кал/(см^2·хв) і швидкості руху повітря душірующего 4м/с зниження температури одягу сягає приблизно 8-9 ºС, а при подачі води з питомою витратою 0,3-1,0 г/м^3 температура знижується на 17-18 ºС.

Для наближених розрахунків можна приймати температуру тіла працюючого, що піддається короткочасного опромінення інтенсивністю до 10 кал/(см^2·хв) – 60 ºС, тривалому тієї ж інтенсивності 70 ºС; короткочасного інтенсивністю більше 10 кал/(см^2 · хв) – 80 ºС.

З метою зменшення виробничого шуму роботою передбачається:

- засоби ізоляції – наприклад, звукоізоляційні перегородки із зиґзаґоподібною діафрагмою й засипанням піском; звукоізолюючі кожухи; екранування джерел шуму екранами зі звуковбирним облицюванням;

- засоби звукопоглинання пористими матеріалами – поролоном, волоком;

- застосування глушників шуму – активних, реактивних, трубчастих, пластинчастих, стільникових і т.д.

Визначимо ступінь послаблення шуму між виробничим обладнанням та суміжним приміщенням, де ведуться різноманітні роботи.

Рівень шуму, обладнання L = 128 дБ; матеріал огородження – цегляна кладка (2 цегли); площа огородження (стіни) S = 135 м^2; звукоізолююча здатність матеріалу огорожі на f = 1000 Гц, R = 56 дБ; звукопоглинання у суміжному приміщенні Ас = 28 м^2; робота в суміжному приміщенні - ділянка точного складання.

Ступінь ослаблення шуму, дБ, або звукоізоляція перешкод визначається за формулою:

$$D = L1 - L2 = R - 10 \cdot lg,$$

де L1 – рівень шуму до перешкоди (приміщення з джерелом шуму), дБ; L2 – рівень шуму в суміжному приміщенні; R – звукоізолююча здатність огородження; S – площа перешкоди між приміщеннями, м^2; A_c - звукопоглинання в ізольованих приміщенні, рівне сумі добутків площі кожної поверхні на її коефіцієнт звукопоглинання, м^2.

$$D = L1 - L2 = R - 10 \cdot lg = 56 - 10 \cdot lg = 49,2 \text{ дБ}.$$

Рівень шуму в суміжному приміщенні:

$$L2 = L1 - D = 128 - 49,2 = 78,2 \; \Delta L_{доп} = 80 \text{ Дб (А)},$$

тобто, рівень шуму в суміжному приміщенні відповідає вимогам для виробничих приміщень, де ведуться звичайні роботи.

Вимоги безпеки до вантажопідйомних механізмів, їхній огляд і ремонт. Вантажно-розвантажувальні роботи виконуються механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного встаткування й засобів малої механізації. Механізований спосіб є обов'язковим для вантажів масою понад 50 кг, а також при піднятті вантажів на висоту понад 3 м.

3.3 Засоби індивідуального захисту

Працівники, що обслуговують ділянку доменного цеху, забезпечуються засобами індивідуального захисту безкоштовно, згідно штатного розкладу на підставі «Типових галузевих норм». Розрахунок потреби в ЗІЗ працівників даної ділянки представлений у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Річна потреба в засобах індивідуального захисту

№ п/п	Посада або професія	Засоби індивідуального захисту	Терміни носіння в місяцях
1	Бункеровщик доменного цеху	Костюм сукняний Черевики шкіряні Рукавиці брезентові Капелюх повстяна	12 12 1 12
2	Газовик доменної печі	Костюм х/б Черевики шкіряні Рукавиці комбіновані	12 12 2
3	Горновий доменної печі	Куртка суконна Штани суконні Фартух азбестовий Капелюх повстяний	6 3 6 6
4	Майстер	Костюм суконний Черевики шкіряні Капелюх повстяна	12 12 12
5	Машиніст вагоноопрокидувача, вагонотолкателя	Костюм х/б Черевики шкіряні Рукавиці комбіновані	12 12 3

3.4 Санітарно-побутові приміщення

Виробничий процес у доменному цеху по санітарно-гігієнічної характеристики відноситься до групи 2б, тому що супроводжується впливом на робітників надмірного тепла.

На ділянці загальна кількість працюючих 33 чоловіка: кількість працюючих у найбільш численній зміні – 9 чоловік, а в інших змінах по 6 чоловік, загальна кількість працюючих у всіх змінах 30 чоловік.

Санітарно-побутові приміщення споруджені поблизу доменного цеху в окремому будинку, що з'єднується із цехом коридором. До складу санітарно-побутових приміщень входять гардеробні для зберігання домашнього й робочого одягу, душові й умивальники, пристрої питного водопостачання, пункти харчування, убиральні.

Гардеробні для робочого одягу розміщаються в приміщеннях, окремо від гардеробних для вуличного одягу. Вуличний одяг зберігається відкритим способом на передбачені для цього гачках і вішалках. Число гачків прийняте рівним чисельності робітників у двох суміжних змінах з урахуванням резерву 5 % на практикантів. Отже, кількість гаків з вішалками 20 шт. для зберігання домашнього одягу кожному робітникові виділений шафка, що защіпається. Кількість шафок – 34 шт.

Інші приміщення розраховуються по кількості працюючих у найбільш численній зміні. У жіночій і чоловічій душових одна сітка душа передбачена на обслуговування трьох чоловік, отже, загальна кількість сіток у душових – 4 шт. в умивальниках один кран розрахований на обслуговування 20 чоловік, тоді загальна кількість умивальників дорівнює – 1 місце.

Для харчування працюючих є їдальня, кількість посадкових місць у які розраховане по нормі 1 місце на 4 чоловік. Для заповнення втрат вологи й мінеральних солей на ділянці конвертерного цеху роботою передбачається розміщення питних фонтанчиків, автоматів з мінеральною водою. Джерела питного водопостачання розташовуються від робочих місць не далі 75 м. Кількість джерел водопостачання для групи 2б розраховано по нормі - один питний пристрій на 100 чоловік. У нашому випадку таке джерело один.

Убиральні вилучені від робочих місць не далі 75 м. Кількість санітарних приладів у них визначається по нормі 1 санітарний прилад на обслуговування 18 чоловіків у чоловічі або 12 жінок у жіночих убиральнях. У нашому випадки таких убиралень одна. Працюючі на даній ділянці цілодобово обслуговуються лікарським здравпунктом 1 категорії [9].

3.5 Пожежна профілактика

Виробничий процес на ділянці доменного цеху по вибухо- і пожежонебезпеки відноситься до категорії Г, а по вогнестійкості конструкцій і споруджень відноситься до другого ступеня.

Основними причинами виникнення пожеж і загорянь можуть бути: несправність теплових агрегатів і порушення правил безпеки при користуванні ними; необережне й халатне поводження з вогнем; несправність електричного встаткування; несправність електричних установок, мереж приладів висвітлення, електродвигунів; розряди статичної й атмосферної електрики; вибухи при контакті розплавленого металу й шлаків з водою; вибухи, що виникають внаслідок бурхливого протікання хімічних реакцій при продувці, розкисленні й розливанні стали.

З метою запобігання пожеж, роботою передбачаються наступні заходи:

- систематичне вдосконалювання технологічного процесу в напрямку усунення пожежної небезпеки;
- впровадження встаткування й апаратур, автоматичних засобів гасіння;
- контроль виконання й дотримання протипожежного режиму;
- проведення роботи з дотримання правил пожежної безпеки;
- гасіння виниклих пожеж.

У доменному цеху передбачається установка первинних засобів пожежогасіння, розрахунок яких наведений у таблиці 3.3.

Для гасіння можливих пожеж у доменному цеху передбачені первинні засоби пожежогасіння, згідно «Правилам пожежної безпеки в Україні».

Для запобігання небезпеки поразки блискавкою влаштовують блискавкозахист, що являє собою комплекс захисних пристроїв призначених для забезпечення безпеки людей, схоронності будинків і споруджень.

На підприємстві передбачені блискавковідводи, пристрої, призначені для прийому електричного розряду й відводу його струму в землю. Зона

захисту блискавковідводу ставиться до типу Б – зі ступенем надійності 95 % і вище. Блискавковідводи ізолюють від спорудження, що захищає. Заземлителі блискавковідводів розміщені в рідко відвідувані місця на відстані більше 5 м від проїзних і пішохідних шляхів. Опір заземлення не перевищує 100 м.

Таблиця 3.3 – Розрахунок первинних засобів пожежегасіння

Найменування приміщень, будинків, споруджень, установок	Пінні вогнегасники	Вуглекислі вогнегасники		Ящики з піском (емн. 0,5) і лопатами
	ОВП - 10	ВВ-10	ВВ-5 ВВ-8	
На одну домну	1	-	6	4

Таблиця 3.4 – Забезпечення приміщень переносними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранична захищена площа, м^2	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю 10 л (ВХП, ВВП)	Порошкові вогнегасники місткістю			Хладонові вогнегасники місткістю 2 (3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л	
				2	5	10		2 (3)	5 (8)
Г	800	В С	2+ -	- 4+	2++ 2++	1+ 1+	- -	- -	- -

Примітки:

Знаком + + позначені вогнегасники, рекомендовані до забезпечення об'єктів; знаком + - вогнегасники, застосування яких дозволяється в разі відсутності рекомендованих вогнегасників за наявності відповідного обгрунтування; знаком «-» - вогнегасники, які не допускаються до обладнання об'єктів

ВИСНОВКИ

Доменне виробництво – один з основних переділів чорної металургії, що забруднює навколишнє середовище. При виробництві чавуну утворюється велика кількість газових викидів і відходів. У зв'язку зі зростаючим обсягом виробництва назріла необхідність розробки якісно нових підходів і методів зниження шкідливих викидів, удосконалювання технології підготовки залізовмісних відходів і їхньої раціональної утилізації, тобто розробки комплексних заходів, що забезпечують організацію маловідходного виробництва. На охорону навколишнього середовища і раціональне його використанння потрібно чималі витрати, спрямовані на:

1) усунення або зниження викидів до гранично допустимих норм;

2) нейтралізація шкідливих факторів забруднення.

У числі найбільш пріоритетних заходів, варто назвати повну або часткову конверсію виробництва, прискорене відновлення виробничого потенціалу, впровадження передових технологій, розвиток безвідхідних екологічно чистих виробництв. Повна й оперативна утилізація відходів всіх галузей можлива й обов'язкова на основі впровадження засобів активації з істотним підвищенням їхніх технологічних якостей.

Підбункерне приміщення (естакада) є одним із найбільш запилених майданчиків у чорній металургії, оскільки там безперервно відбуваються процеси вивантаження, грохочення (розсіву), зважування та транспортування залізорудної сировини, агломерату, окатишів та коксу. Пил має високу абразивність (особливо агломерат та кокс) та є переважно полідисперсний. Велика частка припадає на крупні фракції (понад 20-50 мкм), проте під час грохочення агломерату утворюється значна кількість дрібнодисперсних частинок (менше 10 мкм).

У сучасній металургійній практиці використання виключно циклонів як єдиного ступеня очищення для підбункерних естакад уже не дозволяє

виконати сучасні жорсткі санітарні норми викидів у замовлену атмосферу (які вимагають не більше 20-50 мг/м^3).

Проте циклони є незамінними як перший ступінь (грубе/попереднє очищення) у двоступеневих системах аспірації (циклон + рукавний фільтр або електрофільтр).

Циклони вловлюють до 85-95% крупнодисперсного та високоабразивного пилу. Якщо пустити такий пил напряму на рукавний фільтр, абразивні частинки коксу й агломерату просто розірвуть або передчасно зносять фільтрувальні рукави. Циклони не мають рухомих частин і змінних елементів, вони дешеві в експлуатації та витримують температурні коливання.

Типова інженерна схема очищення базується на створенні мережі місцевих відсосів (укрить) над джерелами пилоутворення, зведенні їх у колектори та направленні на очисні споруди.

За розрахунками для підбункерної естакади у кваліфікаційній роботі було обрано високоефективний циклон типу ЦН-15 (конструкції НДІОГАЗ). Через великі об'єми повітря їх об'єднують у групові або батарейні установки (блоки з 2, 4, 6 або 8 циклонів).

Циклон ЦН-15 – один із найпоширеніших пиловловлювачів у металургії. Основні причини застосування: проста конструкція; висока надійність; робота при великій запиленості; невеликі експлуатаційні витрати; відсутність рухомих частин; стійкість до високих температур; ефективність очищення 75–95 % для крупнодисперсного пилу.

Запилений естакадний газ входить у циліндричну частину циклону тангенціально (по дотичній) через вхідний патрубок. Формується обертовий гвинтоподібний потік. Під дією відцентрової сили важкі частинки залізорудної суровини притискаються до внутрішніх стінок апарата, втрачають швидкість за рахунок тертя і під дією сили тяжіння зсипаються вниз у конічну частину. У самому низу конуса через розвантажувальний клапан уловлений пил потрапляє в герметичний бункер і далі повертається у

виробництво (наприклад, направляється на аглофабрику для рециклінгу). Очищений від крупного пилу повітряний потік у центрі конуса змінює свій напрямок, формує висхідний завихрений потік і виходить через центральну вихлопну трубу на наступний етап очищення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

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

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

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

4. 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.

5. 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.

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

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

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

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

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