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)

1 ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з очищення викидів фасонно-сталеливарного цеху»

Виконала: студент 4 курсу, групи 6.1833-с2

Стратуца Н.Д.

(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

_____Стратуца Наталя Дмитрівна _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з очищення викидів фасонно-сталеливарного цеху_____

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)____08.06.2026_____

3. Вихідні дані до роботи (проєкта) Концентрація пилу в газах під зонтом: 150–200 г/м³. Концентрація пилу від навколоелектродних зазорів: 2-8 г/м^3. Середня запиленість технологічних газів: 10-15 г/м^3 (за іншими даними в періоди інтенсивної плавки до 50-60 г/м^3). Хімічний склад пилу (оксиди заліза): 80% у період розплавлення, 62% у період кипіння, 53% у період доведення.

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, 13 слайдів

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

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

7. Дата видачі завдання 06.04.2026

2.0.1 КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	2.1 Примітка
1	Вступ	до 20.04.2026	
2	Реферат	до 24.04.2026	
3	Розділ 1	до 12.05.2026	
4	Розділ 2	до 18.05.2026	
5	Розділ 3	до 01.06.2026	
6	Висновки	до 05.06.2026	

Здобувач _____ Стратуца Н.Д.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____Вагін А.В.____
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з очищення викидів фасонно-сталеливарного цеху»: 69 стор., 8 табл., 11 рис., 15 джерел.

ЕЛЕКТРОДУГОВІ ПЕЧІ, СТАЛЕЛИВАРНЕ ВИРОБНИЦТВО, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, ОКСИД ВУГЛЕЦЮ, РУКАВНИЙ ФІЛЬТР ФРІР-100, ЦИКЛОН СЦН-40, ГАЗООЧИЩЕННЯ, СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ

У загальній частині кваліфікаційної роботи розглянуто технологічну структуру підприємства та специфіку виробництва сталевого литва у фасонно-сталеливарному цеху. Визначено, що основними джерелами забруднення є електроплавильні печі, камерні сушила та дільниці підготовки формувальних сумішей. Проаналізовано склад викидів підприємства, де домінують оксид вуглецю (80,46%) та пил (14,9%). Встановлено, що пил електропечей переважно складається з оксидів заліза (до 80% у період розплавлення), а також містить оксиди марганцю, кальцію та магнію. Виявлено небезпечний вплив цих речовин на персонал, зокрема ризики ураження центральної нервової системи оксидом вуглецю та виникнення пневмоконіозів і силікозу через дію дрібнодисперсного пилу.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи проведено порівняльний аналіз методів очищення технологічних газів. На основі аналізу переваг сухого способу (відсутність шламового господарства, стабільність роботи димососа, легкість утилізації пилу) обґрунтовано вибір схеми, що включає попереднє очищення в циклоні СЦН-40 та тонке очищення в рукавному фільтрі ФРІР-100. Детально розглянуто механізм фільтрації в рукавних апаратах, заснований на утворенні вторинного «автошару» пилу, що забезпечує високу ефективність очищення незалежно від дисперсності частинок. Розрахунковим шляхом доведено, що впровадження фільтра ФРІР-100 з площею фільтрації 97,3 м² забезпечує ступінь очищення на рівні 99,9%.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовано комплекс шкідливих чинників сталеливарного виробництва: інтенсивне теплове випромінювання (до 8,4 кВт/м²), рівень шуму до 85 дБ та вібрацію від вибивних грат. Запропоновано заходи з виробничої санітарії, зокрема використання систем кондиціювання повітря та розширений перелік ЗІЗ для основних професій (сталеварів, розливальників, кранівників). Визначено категорію пожежної небезпеки цеху як «Б» (вибухопожежонебезпечна) та розроблено систему протипожежних заходів з використанням вогнегасників типу ОВП та вуглекислотних апаратів.

ЗМІСТ

Вступ 6
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 9
1.1 Структура підприємства 9
1.2 Характеристика вироблюваної продукції і початкової сировини 10
1.3 Характеристика підприємства як джерела забруднення атмосфери 13
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 15
2.1 Технологія виробництва і характеристика джерел забруднення атмосфери в основних цехах металургійного підприємства . . 15
2.2 Характеристика і методи відведення газів дугових електроплавильних печей 18
2.3 Фізико-хімічні властивості пилових викидів електродугових печей 23
2.4 Вплив пилогазових викидів електродугових печей на людину 26
2.5 Принципові технологічні схеми очищення викидів фасонно-сталеливарного цеху 28
2.5.1 Очищення газів в тканинних рукавних фільтрах . . 28
2.5.2 Очищення газів в електрофільтрах 32
2.5.3 Очищення газів в мокрих пиловловлювачах . . . 36
2.6 Обґрунтування обраного способу очищення газів . . 47
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА . . . 49
3.1 Аналіз умов праці 50
3.2 Виробнича санітарія та гігієна праці 55
3.3 Техніка безпеки 60
3.4 Пожежна профілактика 62
ВИСНОВКИ 65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 68

ВСТУП

Стрімкий прогрес науки і техніки зажадав значного збільшення виробництва та вживання чорних і кольорових металів та інших продуктів. Використання в металургії і машинобудуванні нових, ефективніших технологічних процесів, різке підвищення продуктивності і розширення масштабів виробництва зажадали збільшення витрат матеріальних і енергетичних ресурсів, що, у свою чергу, привело до зростання негативної дії на довкілля.

Більшість технологічних процесів супроводжуються виділенням у виробничі приміщення і атмосферу газів і пилу. Інтенсифікація виробництва шляхом вживання кисню і природного газу зумовила різке збільшення надходження в атмосферу технологічних і вентиляційних газів, забруднених пилом і шкідливими речовинами.

Пил і шкідливі гази після викиду в атмосферу змінюють її склад, зменшуючи кількість кисню, необхідного для життєдіяльності людей і тварин.

Забруднене повітря приводить до ослабіння організму людини, опірності його до інфекційних захворювань і зниження працездатності. Воно також надає шкідливу дію на рослинний світ, приводячи до його загибелі, зниження врожайності; завдає величезного матеріального збитку унаслідок корозії металів, руйнування будівельних матеріалів і конструкцій.

Пил, що міститься в атмосфері, поглинає світлові промені і затримує ультрафіолетову сонячну радіацію, необхідну для життєдіяльності на Землі. Пил і пари кислот, що поступають разом з димовими газами в атмосферу, поглинають з неї водяні пари, збільшуючи число днів з туманами.

В більшості випадків технологічні гази і вентиляційне повітря, що викидаються в атмосферу, містять пил чорних і кольорових металів, коштовні газоподібні компоненти, які безповоротно втрачаються. Тому

викид таких газів не лише погіршує санітарний стан атмосфери, але і завдає великого матеріального збитку.

Проблема охорони довкілля в даний час стала однією з найважливіших. Комплексний характер цієї проблеми визначається складністю системи, що включає природу, суспільство і виробництво, а оптимальний розвиток цієї системи пов'язаний з соціальними, екологічними, технічними, економічними і міжнародними аспектами проблеми.

Захист довкілля – це комплексна проблема, яка поряд з природоохоронними завданнями вирішує також і соціально-економічне завдання – поліпшення умов життя людину, збереження його здоров'я.

Основними напрямами за рішенням проблем захисту довкілля є:

- вдосконалення технологічних процесів і розробка нового устаткування з меншим рівнем викидів домішок і відходів в довкілля;
- заміна токсичних відходів на нетоксичні;
- заміна неутилізованих відходів на утилізовані;
- вживання пасивних методів захисту довкілля.

До пасивних методів захисту відносяться заходи, направлені на обмеження викидів промислового виробництва з подальшою утилізацією або похованням відходів: очищення стічних вод, газових викидів від шкідливих домішок, розсіювання шкідливих викидів в атмосфері, поховання токсичних і радіоактивних відходів [1].

Важлива роль в захисті довкілля належить заходам щодо раціонального розміщення джерел забруднень:

- пристрій санітарно-захисних зон;
- винесення промислових підприємств з крупних міст;
- розташування промислових підприємств з урахуванням топографії місцевості і рози вітрів.

Велике значення має контроль якості довкілля. Активною формою захисту довкілля від шкідливої дії викидів промислових підприємств є «безвідходна технологія» - комплекс заходів в технологічних процесах від

обробки сировини до використання готової продукції, внаслідок чого скорочується до мінімуму кількість шкідливих викидів.

У комплекс заходів входять:

- створення і впровадження нових процесів здобуття продукції з утворенням найменшої кількості відходів;

- розробка систем переробки відходів виробництва у вторинні матеріальні ресурси;

- розробка різних типів безстічних технологічних систем і водооборотних циклів на базі способів очищення стічних вод;

- створення територіально-промислових комплексів, що мають замкнуту структуру матеріальних потоків сировини і відходів усередині комплексу. Ця форма захисту довкілля є найбільш перспективною.

Металургія є одним з найпотужніших забруднювачів атмосфери. На частку підприємств чорної металургії припадає 15-20 % загальних забруднень атмосфери промисловістю. В середньому на 1 млн. т річної продуктивності заводів чорної металургії виділення пилу складає 350 т/добу, сірчистого ангідриду – 200, оксиду вуглецю – 400, оксидів азоту – 42 т/добу. В сталеливарному виробництві кількість пилу, що виноситься з електричних сталеливарних печей, складає 80-110 $м^3$/т сталі з середнім запиленням 10-15 $г/м^3$ [2].

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Структура підприємства

Структура металургійного підприємства наведена на рис. 1.1.

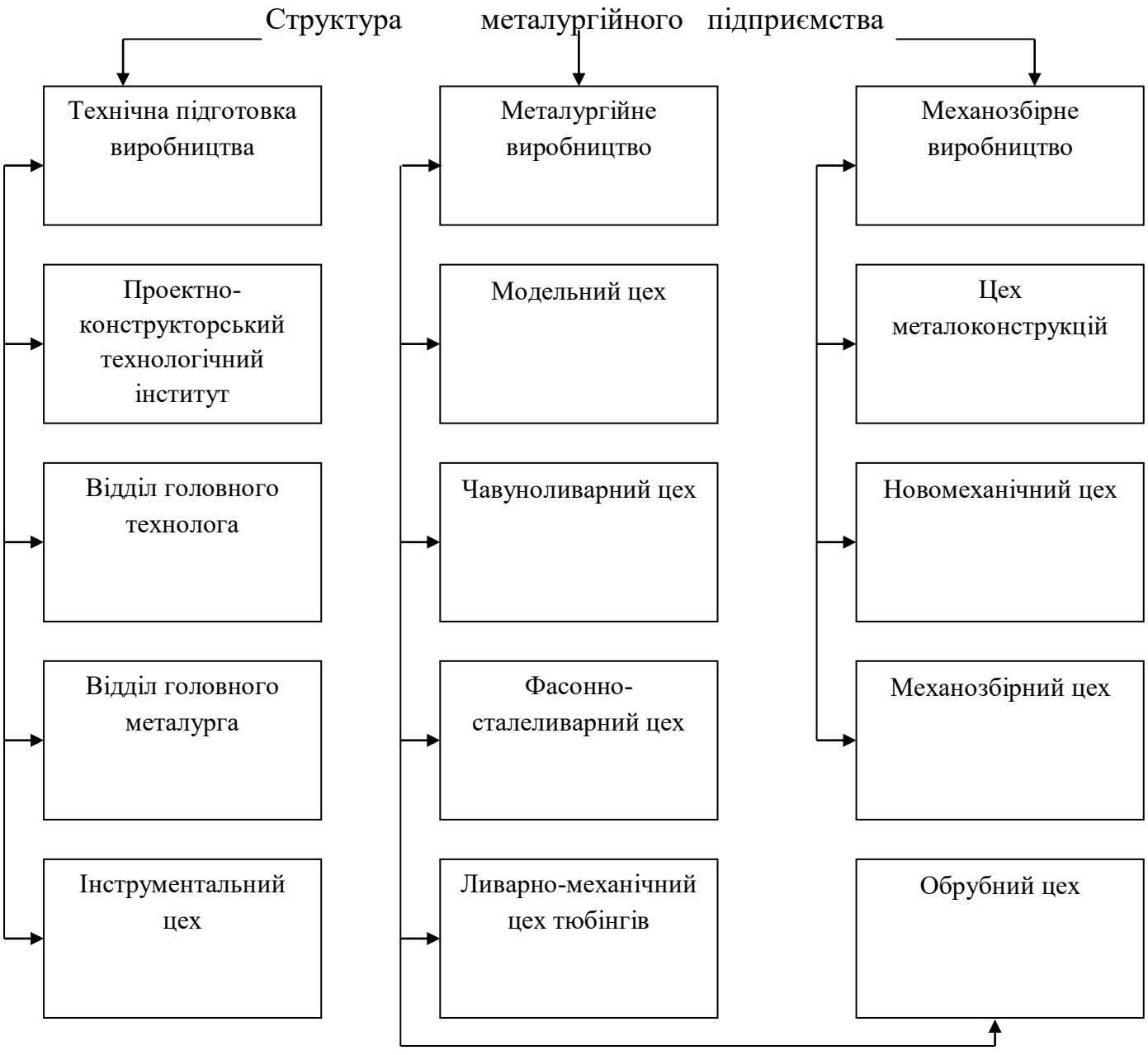


Рисунок 1.1 – Структура підприємства

1.2 Характеристика вироблюваної продукції і початкової сировини

Відкрите акціонерне товариство випускає устаткування для металургійних виробництв:

- устаткування для доменних печей,
- устаткування для сталеплавильних агрегатів,
- устаткування для безперервного розливання сталі,
- устаткування для нагрівальних і термічних печей прокатних цехів,
- валки,
- збагачувальне і подрібнювально-розмельне устаткування,
- устаткування для коксохімічного виробництва,
- устаткування для виробництва феросплавів,
- редуктори,
- запчастини до устаткування, експлуатованого на підприємстві,
- інші механічні вироби,
- товари народного споживання (овочерізки, зубні коронки).

Металургійне виробництво здійснює:

- виплавку сталей звичайного призначення в електродугових печах,
- виплавку сталей спеціального призначення в мартенівських печах,
- виплавку чавуну у вагранках,
- кольорове литво в кокіль.

Чавуноливарний цех №1 спеціалізується на виробництві чавунного і кольорового литва.

Фасонно-сталеливарний цех №2 робить виплавку сталевого литва (35 ХМЛ, Х23М7Л, 110Г13Л, Х25М190, Х24М12Д, 40ХЛ, вуглецеве) і зливків (15ХМ, 35ХМ, 21ХНВ5, 40Х, 17Г1С, вуглецеві) спеціального і загального призначення.

Монтажно-збірний цех №5 виготовляє металоконструкції для устаткування, що випускається підприємством. Роботи забарвлень виконуються кистю (підфарбовування при монтажно-збірних роботах).

Новомеханічний цех №6 є основним механозбірним цехом підприємства. Цех оснащений комплексом металообробних верстатів і складається з 6-ти ділянок механічної обробки, 2-х прольотів зварювальних робіт і ділянки забарвлення.

Обрубний цех №9 здійснює механічну обробку виробів підприємства. Механічна обробка включає операції дробиметного очищення, газорізки, стругання електродуги, пости електрозварювання. Термічна обробка йде шляхом відпалу в нагрівальних печах.

Механозбірний цех №10 виготовляє металоконструкції для устаткування, що випускається підприємством. Виконуються операції розкрою металу, зварювання, металообробки, забарвлення методом безповітряного і пневматичного розпилювання. У модулях забарвлень забезпечується нижнє відсмоктування повітря і водопоглинання аерозоля забарвлення. У цеху знаходиться ділянка приготування мастильно-охолоджувальної рідини СМ-95.

Цех з виробництва товарів народного споживання №14 випускає товари народного споживання, асортимент і обсяг випуску яких визначається наявністю замовника. У цеху виконуються гальванічні процеси, литво пластмасових деталей, шліфувально-полірувальні роботи, ультразвукове миття, пресування гумових деталей. Основним матеріалом для литва пластмасових виробів є поліпропілен, відходи якого (ливники, облой) по технологічній інструкції використовуються в процесі в повному об'ємі.

Паросиловий цех №20 обслуговує гарячою водою і парою технологічні і адміністративні об'єкти підприємства. Основне енергоджерело – газ.

У котельній використовується технічна вода, яка проходить 2 стадії підготовки :

1-а стадія: освітлення на механічному фільтрі з використанням кварцевого піску;

2-а стадія: зм'якшування з використанням Na-катіонових фільтрів, що забезпечують видалення солей кальцію і магнію.

Інструментальний цех №16 забезпечує основне виробництво підприємства інструментом і технологічним оснащенням. У цеху знаходиться ділянка механічної обробки і зборки. Термічна обробка передбачає загартування, відпустку, відпал і цементацію деталей, вузлів і пристосувань.

Модельний цех №17 здійснює виготовлення моделей для лінійних цехів. Модельний цех оснащений комплексом деревообробних верстатів (40 шт.), що забезпечують виконання операцій по обробці деревини для виготовлення литних моделей.

Ремонтно-механічний цех (РМЦ) №18 призначений для ремонту технологічного устаткування підприємства. Цех включає ділянку механообробки, ділянку капремонту устаткування і монтажну ділянку.

Ремонтно-будівельний цех (РБЦ) №21 робить роботи по ремонту адміністративних і виробничих об'єктів. Цех включає вузол бетонного розчину і ділянку виготовлення дерев'яних деталей.

Залізничний цех (ЗЦ) №23 призначений для обслуговування і ремонту тепловозів, які знаходяться на балансі підприємства (2 од.).

Друкарня цех №30 робить друк і розмноження нормативно-технічної документації і періодичних видань.

Складське господарство цех №34 включає склад паливно-мастильних матеріалів, підземний склад олій, склад металопрокату, склад вогнетривів.

Транспортний цех №36 здійснює експлуатацію і поточний ремонт транспортних засобів підприємства. У цеху виконуються роботи по ремонту автомобільних деталей, приготуванню електроліту, зарядці акумуляторів, миттю автотранспорту. Мийка автотранспорту здійснюється на спеціальній установці, обладнаною планозбірником (нафтопастки немає). Мийка деталей і вузлів при ремонті деталей робиться розчинниками (бензин, гас).

1.3 Характеристика підприємства як джерела забруднення атмосфери

В якості основної сировини для електродугових печей, використовується металевий лом. Для виробництва металоконструкцій використовується сталевий прокат різних профілів і листова сталь.

На підприємстві використовується технологія литва металу, при якій виділяються шкідливі речовини, що забруднюють атмосферу.

В якості палива для технологічних цілей і обігріву будівель на заводі використовується природний газ, кокс, малосірчистий мазут (як резервне паливо).

Цехи, що виробляють металоконструкції, застосовують плазмову, електро- і газозварку, різання металу, при яких виділяються в повітря виробничих приміщень шкідливі для здоров'я людей зварювальні аерозолі.

Для фарбування товарної продукції використовуються знежирюючі речовини, розчинники, лаки і фарби, при висиханні яких в атмосферу попадають пари розчинників, а безпосередньо в процесі фарбування – аерозолі лаків і фарб [3].

В цілому, в атмосферу від виробництва викидається всього 32 речовини.

Якщо кількість шкідливих речовин, що викидаються в атмосферу, в т/рік прийняти за 100%, то приблизно 99% від загальної кількості викидів складають 5 речовин, а саме:

- пил органічний і неорганічний – 14,9% від загальної кількості викиду;
- окисел вуглецю – 80,46%;
- діоксид азоту – 1,8%;
- діоксид сірки – 0,76%;
- вуглеводні вагранкові – 1,2%.

З суми газоподібних і твердих речовин, що забруднюють атмосферу виробництвами підприємства, газоподібні складають 85%, а тверді – 15%.

Найбільший вклад – 96,56% в забруднення атмосфери твердими речовинами вносять 4 цехи, в їх числі:

- цех 1 – чавуноливарний – 10,96% від викиду твердих речовин;
- цех 2 – фасонно-сталеливарний – 7,96%;
- цех 7 – чавуно-сталеливарний – 67,37%;
- цех 34 – склад вугілля, піску, доломіту – 10,27%.

Найбільший вклад – 98,8% в забруднення атмосфери газоподібними речовинами вносять також 4 цехи, в їх числі:

- цех 1 – чавуноливарний – 16,98% від викиду газоподібних речовин;
- цех 2 – фасонно-сталеливарний – 8,01 %;
- цех 7 – чавуно-сталеливарний – 6,42%;
- цех 20 – паросиловий – 8,43%.

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Технологія виробництва і характеристика джерел забруднення атмосфери в основних цехах металургійного підприємства

Чавуноливарний цех оснащений сучасним устаткуванням, його потужність 30 тис. тонн чавунного литва в рік, в тому числі 15 тис. тонн холодильних плит.

Цех складається з наступних ділянок:

- плавильне відділення – 2 електропечі ємністю 30 тонн з механізацією набору і подання шихти;

- формувальна лінія для холодильних плит з середнього литва продуктивністю 15 тис. тонн в рік;

- формувальна лінія для форм з сипких самотвердіючих сумішей продуктивністю 8 тис. тонн в рік;

- стержневе відділення;

- автоматизоване землеприготувальне відділення;

- механізований і автоматизований склад формувальних матеріалів з розпушувачами змерзшихся пісків;

- обрубне відділення.

Джерелами забруднення атмосфери є:

- венттруби від сушил (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту);

- венттруби від електроплавильних печей (забруднююча речовина – діоксид азоту, зважена речовина);

- венттруби від печі сушки піску (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина);

- аераційний ліхтар цеху (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина);

- венттруби від транспортерів (забруднююча речовина – зважена речовина).

Гази від електроплавильних печей піддаються очищенню від зважених речовин в трубах Вентурі і краплеуловлювачах з мірою очищення 95% [4].

Викиди від місткостей бентоніту і феррошлаку піддаються очищенню в рукавних фільтрах, з мірою очищення від 93% до 95%. Викиди від транспортерів очищаються від зважених речовин в аспіраційних системах, основними апаратами яких є циклони типу СІОП, з мірою очищення 84 – 88%. Викиди від печі сушки піску послідовно очищаються в циклонах ЦН-15, СІОП, з мірою очищення 85%.

Загальна продукція фасонно-сталеливарного цеху – фасонне литво. Формувальні і стержневі суміші отримують в основному зі свіжих матеріалів: просушених заздалегідь в печах пісків, глин і спеціальних добавок.

Форми сушать в газових камерних сушарках або переносними пальниками.

Охолоджені відливання вибивають з форм на спеціальних гратах. Горіла земля транспортерами, розташованими в підвалі, подається у бункер і далі вивозиться у відвал.

На ділянці точного литва з суміші парафінів відливають модель, по ній виготовляють форму і роблять виливку сталі, виплавленої в електропечі. Початкова сировина, споживана цехом, - свіжий пісок, пульвербакелит, уайт-спіріт, природний газ.

Джерелами забруднення атмосфери є:

- димарі від камерних сушил (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту);

- венттруби від транспортерів і вибивних грат (забруднююча речовина – зважена речовина);

- венттруби від печей сушки піску (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина);

- венттруби від плавильної печі (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина, сірчистий ангідрид);

- труби від аміачної шафи (забруднююча речовина – аміак);

- аераційний ліхтар цеху (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина);

- венттруба від пресу, столу розбирання (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зважена речовина, їдкий натр, формальдегід, аміак, уайт-спіріт).

Пил від сушарних печей, уловлюється в циклонах типу СІОП, із мірою очищення від 75 до 95%, БЦР-150 з мірою очищення 90%. Пил від транспортерів, вибивних грат уловлюється в скруберах ЦС-ВТІ від 75 до 90% і в ПВМ – 40%, міра очищення до 95%.

Пил від бігунів, дробарки і із складського приміщення уловлюється в циклоні ВЦНДІОП 10, міра очищення від 75 до 90%. Запилене повітря від вибивного верстата і піскосипів очищається в циклоні ВЦНДІОП 10, із мірою очищення від 75 до 90%. Гази від формувальної машини, від пневмотранспортера сухого піску, від пресу очищаються від зважених речовин в циклонах типу СІОП з мірою очищення 80-82%.

Витрата газу на обігрів робочих місць – 124 тис. $м^3$, на печі сушки піску і форм – 1718 тис. $м^3$.

Обрубний цех призначений для термічної і механічної обробки. Потужність цеху 45,5 тис. т сталевого литва і 22 тис. т чавунного литва в рік.

У цеху є наступні ділянки:

- великого литва, на якій обробляються шлаковозні чаші, платформи візків для виливниць і деталі засипних апаратів доменних печей;

- обробки середнього і дрібного литва.

Джерелами забруднення атмосфери є [5]:

- венттруба від заточних верстатів (забруднююча речовина – зважена речовина). Очищення робиться в циклоні типу ЦН-15, міра очищення від 65 до 95%;

- венттруба від підвісних жорен (забруднююча речовина – зважена речовина). Гази від жорен піддаються очищенню від зважених речовин в циклоні з мірою очищення від 65 до 95%;

- венттруби від дробиметних камер (забруднююча речовина – зважена речовина). Запилене повітря від камер піддається очищенню в СІОПах. Міра очищення від 81 до 95%;

- димар від нагрівальних газових печей (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту);

- аераційний ліхтар цеху (забруднююча речовина – оксид вуглецю, діоксид азоту, зварювальний аерозоль, в тому числі марганець і його оксиди).

На підприємстві при виробництві різних видів найменувань готової продукції використовуються і застосовуються наступні виробничі і технологічні процеси (з відповідним технологічним і пилогазоочисним устаткуванням), при яких в атмосферу виділяються шкідливі речовини :

- електрогазове і плазмове зварювання, різання металів;
- металообробка (механічна);
- фарбування, нанесення гальванічних покриттів;
- деревообробка;
- плавлення чавуну, сталі і кольорових металів;
- литво чавуну, сталі і кольорових металів;
- отримання тепла спалюваного палива, термообробка металу.

2.2 Характеристика і методи відведення газів дугових електроплавильних печей

У ливарному цеху потужними джерелами забруднення атмосфери являються дугові електричні печі [6].

Кількість газу, що поступає на очищення, залежить від способу його відведення від електропечі.

В процесі експлуатації дугової електросталеплавильної печі здійснюються підйом і опускання електродів, під'їм і поворот зведення, нахил ванни і інші операції. Тому створення стаціонарного пристрою для відсмоктування газів представляє значні конструктивні труднощі.

Якщо не прийняти спеціальних заходів, гази, що виділяються в процесі плавки через завантажувальні вікна, проміжки між електродами і зведенням і іншу нещільність, поступають безпосередньо в приміщення цеху, звідки віддаляються через ліхтарі будівлі за допомогою аерації. При цьому пил випадає з потоку, що повільно піднімається, осідає на зведенні печі, устаткуванні, конструкціях будівлі, що знижує світлопроникність вікон і вимагає створення спеціальних пристроїв для прибирання.

Загазованість і запиленість поміщення цеху часто настільки збільшуються, що у верхній зоні утруднюється видимість для кранівників, а на робочому майданчику концентрація пилу і газів у багато разів перевищує санітарні норми.

Пил і газ викидаються через ліхтарі і витяжні шахти і істотно забруднюють атмосферу.

Тому з ростом продуктивності печей і кількості утворювальних газів, особливо при застосуванні кисневої продувки, таке вирішення питання стає абсолютно неприйнятним.

Дещо кращим рішенням є відсмоктування газів за допомогою зонтів і ковпаків.

Для уловлювання і відведення газів, що виділяються від електропечей, застосовують:

- ліхтарі або витяжні шахти в даху цеху, через які газ,що потрапив у цех, видаляється природним чином. В деяких випадках для поліпшення загальнообмінної вентиляції в шахтах або в даху пічних прольотів встановлюють вентилятори. При такому методі відведення газ спочатку потрапляє в цех, забруднює його атмосферу, а потім видаляється з цеху в неочищеному від пилу виді. Велика частина великого пилу осідає в

виробничих приміщеннях. За санітарними умовами і технікою безпеки такий метод відведення газу неприйнятний.

- установку над електропіччю зонта (рис. 2.1, а), що повністю перекриває в плані зведення печі. В конструкції зонту 9 передбачений спеціальний ковпак 8 над завантажувальним вікном печі, призначений для уловлювання газу, що виділяється при завантаженні і в процесі роботи печі. У верхній частині зонта є отвори для пропускання електродів. Під час випуску сталі з печі зонт відводять убік. В процесі роботи печі в живому перерізі зонта за допомогою димососу створюється розрідження, що дозволяє уловлювати газ, що виділяється з печі.

Разом з газом в зонт з цеху підсмоктується повітря, внаслідок чого об'єм газу, що поступає на газоочищення, різко зростає.

Тому облаштування зонта над електропіччю вимагає установки газоочищення і димососів великої продуктивності. При відсмоктуванні через зонт не вся кількість газу, що виділяється з печі, потрапляє в зонт. Частина запиленого газу проникає в будівлю цеху, забруднюючи її, а потім при виході через ліхтар викликає забруднення атмосфери.

- секційне відсмоктування (рис. 2.1, б) є удосконаленим укриттям. Воно складається з декількох секцій, приєднаних до витяжного газопроводу за допомогою двохшарнірного телескопічного патрубка 7. Газ, що виходить через проміжки між електродами і зведенням печі, віддаляється через відсмоктування 2 і 3. Кільцеве відсмоктування 6 з укриттям 4 служить для уловлювання газу, що вибивається через нещільність в місці з'єднання зведення і корпусу печі. Над жолобом печі влаштований зонт 5. Усі ці відсмоктування об'єднані збіркою газу 1, приєднаним до патрубка 7.

При застосуванні кисню об'єм газу, що відсисається, збільшується приблизно на 60 %.

Застосовують зонт і відсмоктування різних конструкцій. Проте усі вони не забезпечують повного уловлювання і відведення газу, що виділяється з

електропечі, особливо під час подання у ванну кисню, і частина газу проникає в цех.

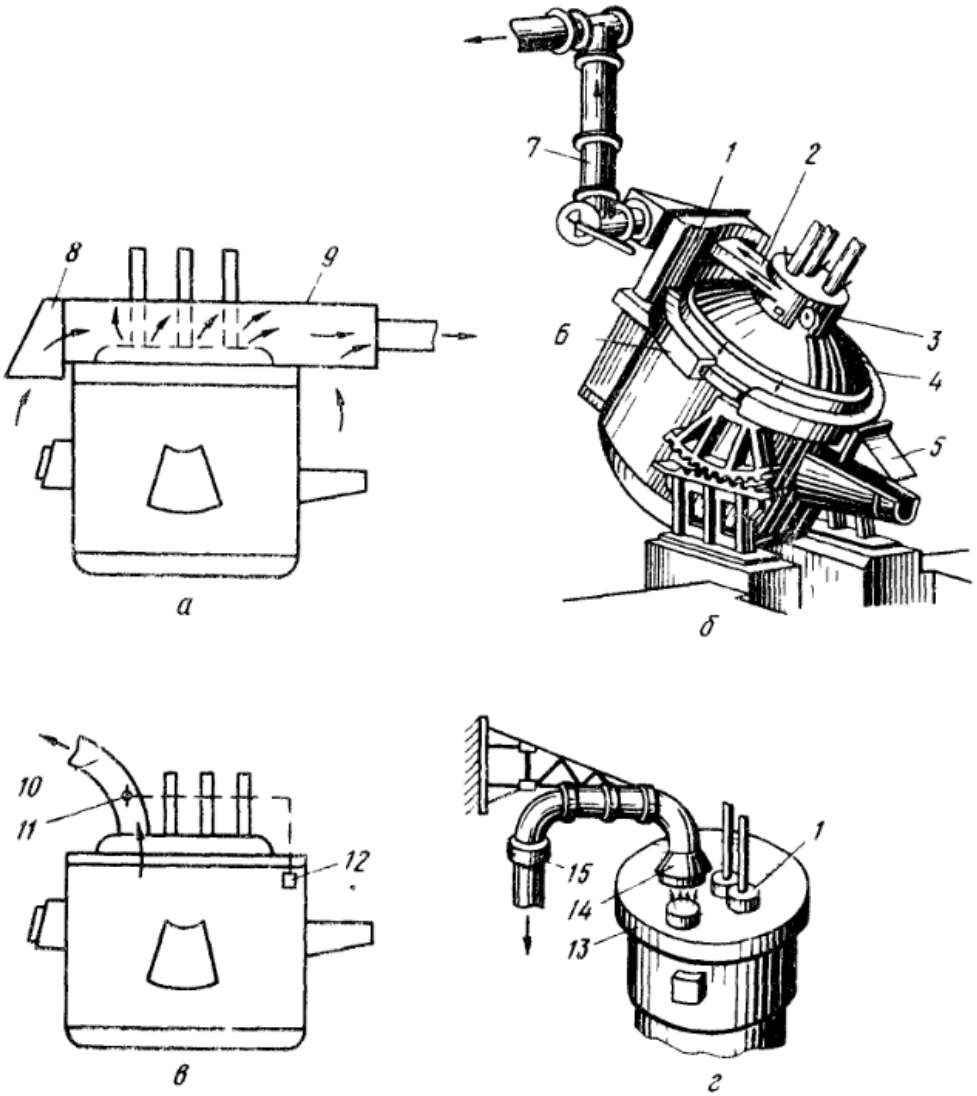


Рисунок 2.1 – Методи відведення газу від електропечей (пояснення в тексті): а – через зонт; б – секційне відсмоктування; в – із зведення печі; г – із зведення печі через патрубок з розривом

Через значні об'єми газових потоків, що видаляються, а також масивність уловлювальних пристроїв, застосування парасолей та локальних відсмоктувачів є доцільним лише для електропечей невеликої місткості (не більше 12 тонн). Коли атмосферне повітря потрапляє всередину зонта або

секційного уловлювача, чадний газ (CO), який міститься в технологічних викидах, практично повністю окиснюється (допалюється).

- Пряма евакуація газів безпосередньо через склепіння агрегату (рис. 2.1, в). Цей метод передбачає облаштування у склепінні печі спеціального технологічного отвору. Через нього за допомогою охолоджуваного водою патрубка 10, який має рухоме шарнірне сполучення з магістральним газопроводом, здійснюється безперервне відведення газоподібних продуктів плавки. Для запобігання витоку шкідливих речовин крізь конструктивні зазори, у підсклепінному просторі підтримують незначне розрідження в межах 4,5–13 Па. Водночас у деяких технологічних режимах доцільно створювати слабкий надлишковий тиск від 5 до 30 Па, що дає змогу сформувати відновне середовище.

За умов розрідження кисень із повітря, що підсмоктується, переводить закис заліза у вищі стійкі оксидні форми. Натомість режим із надлишковим тиском повністю блокує проникнення зовнішнього повітря в робочу зону печі, мінімізуючи ризик раптового спалаху або вибуху газоповітряної суміші.

Управління об'ємами газу, що видаляється, здійснюється засувкою 11, яка контролюється автоматичною системою 12 залежно від температурного режиму в плавильному просторі. Евакуаційний патрубок переважно монтують поблизу вікна завантаження. За такого розміщення повітряні потоки, що потрапляють ззовні, не розсіюються по всій ванні печі та суттєво не охолоджують розплав. На агрегатах великої потужності практикують встановлення кількох таких патрубків.

За використання цієї схеми монооксид вуглецю перед подачею на пиловловлювачі обов'язково спрямовують у камеру допалювання. Аби гази не вибивали крізь проміжки, де проходять електроди, ці вузли оснащують газощільними ущільнювачами.

- Евакуація газів зі склепіння крізь патрубок із повітряним розривом (рис. 2.1, г).

Особливість конструкції полягає в тому, що газовідвідний елемент 13 монтують із проміжком у 20–50 мм від нерухомої приймальної воронки 14. Газовий струмінь, який під тиском виходить із печі, інжектує навколишній кисень, через що сумарний об'єм газоповітряного тракту зростає орієнтовно ушестеро.

Чадний газ, що міститься у викидах, самовільно згорає у спеціальній камері завдяки наявності інжектованого кисню, після чого знешкоджений потік транспортується на пилогазоочисне устаткування.

Цей підхід є безпечним та експлуатаційно надійним, оскільки наявність рухомого шарніра 15 дозволяє безперешкодно відводити приймальний пристрій під час нахиляння корпусу печі [3].

2.3 Фізико-хімічні властивості пилових викидів електродугових печей

Теплове випромінювання електричної дуги, що збуджується між графітованими стержнями, виступає головним енергетичним джерелом для плавлення металу в дугових агрегатах.

Під час металургійного процесу генеруються значні об'єми високодисперсних аерозолів. Вони зумовлюють зростання тиску всередині плавильного простору, внаслідок чого технологічні гази крізь конструктивні зазори прориваються в атмосферу цеху, погіршуючи санітарно-гігієнічні умови на робочих місцях.

Найбільш критичними зонами витоку шкідливих речовин є зазори навколо електродних вузлів та отвір робочого вікна. Варто зазначити, що масована евакуація пилогазових потоків відбувається не лише під час безпосереднього протікання плавки, а й у моменти завантаження металобрухту та випуску рідкого розплаву в розливний ківш.

Кількісні параметри та дисперсно-хімічні характеристики аспіраційних викидів визначаються потужністю самого плавильного агрегату, якістю та

чистотою використовуваної шихти, сортаментом металопродукції, а також специфікою проходження окремих технологічних етапів.

Інтенсивність газовиділення та компоненти газової фази безпосередньо корелюють із динамікою проплавлення завалки, тепловим алгоритмом плавки, а також параметрами і тривалістю інтенсифікації процесу за допомогою кисневого дуття.

По ходу плавки склад газів залежно від швидкості вигорання вуглецю змінюється в межах, наведених у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Склад газів залежно від швидкості вигорання вуглецю

Компоненти	Зміст, % (об’ємний)
CO	15-25
CO_2	5-11
H_2	0,5-35
O_2	3,5-10
N_2	61-72

Присутність у складі газової фази монооксиду вуглецю (CO) створює серйозну загрозу виникнення вибухонебезпечних ситуацій. На характер та інтенсивність газовиділення суттєво впливає комплекс чинників, серед яких визначальним є проникнення зовнішнього повітря в плавильний простір. Цей підсос безпосередньо залежить від рівня тиску всередині агрегату, герметичності конструктивних зазорів та наявності систем автоматизованого контролю.

Евакуйовані технологічні гази характеризуються надзвичайно високою концентрацією зважених часток. Дрібнодисперсний пиловий компонент формується внаслідок інтенсивного випаровування елементів у високотемпературній зоні горіння дуг та під час кисневої інжекції з їхньою подальшою конденсацією при охолодженні. Натомість великі фракції

аерозолів з'являються під час завантаження кускових шлакоутворювачів та подрібнених флюсів.

Хімічний матрикс пилу переважно представлений сполуками заліза. Їхня масова частка динамічно змінюється за етапами плавки: під час проплавлення шихти вона сягає 80%, у процесі активного кипіння (за умов кисневого дуття) знижується до 62%, а на стадії фінішного доведення становить близько 53%. Оксиди марганцю в кількості до 11% фіксуються переважно на початковому етапі розплавлення, тоді як сполуки кальцію (6%) та магнію (9%) накопичуються у пилу під час рафінування та доведення сплаву [3].

Через високі значення питомого електричного опору (ПЕО) уловлених часток, за умов використання електростатичних фільтрів необхідно впроваджувати технологічні заходи для кондиціювання газу з метою зниження цього показника.

Окрім макрокомпонентів, у викидах присутні небезпечні мікродомішки. Їхній вміст у перерахунку на одиницю об'єму (або масу виплавленого металу) становить: сполуки азоту (NO_x) – 550 мг/м^3 (270 г/т), діоксид сірки – 5 мг/м^3 (1,6 г/т, ціанисті сполуки – 60 мг/м^3 (28,4 г/т) та фториди – 1,2 мг/м^3 (0,56 г/т). Варто враховувати, що об'єми неорганізованих витоків безпосередньо у простір цеху можуть становити до 40% від сумарної кількості технологічних викидів апарата.

Об'ємні витрати газової суміші нестабільні протягом плавки і досягають пікових значень під час окиснювального кипіння ванни. Середній макросклад газу, що евакуюється з плавильного простору, включає такі об'ємні частки: чадний газ – до 68%, вуглекислий газ – до 30%, кисень – до 21%, а вміст азоту варіюється в межах 30-79%.

На зрізі коміра печі температура газового потоку наближається до 1600^{o}C. Горючий потенціал монооксиду вуглецю вимагає обов'язкового його термічного знешкодження (допалювання) у спеціалізованих камерах перед транспортуванням газу на блоки пиловловлювання.

Початкова запиленість потоку є надзвичайно високою і коливається від 50 до 60 г/м^3. Осад представлений конгломератом оксидів заліза, силіцію, алюмінію, марганцю та кальцію. Справжня щільність цієї пилової суміші становить 4-4,2 г/см^3, тоді як показник насипної щільності дорівнює 1,2 г/см^3 при куті природного укосу в межах 20-25°.

2.4 Вплив пилогазових викидів електродугових печей на людину

Види впливу пилогазових викидів електродугових печей на людину наведено у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вплив пилогазових викидів електродугових печей на людину [6]

№ п/п	Найменування	ГДК, мг/м^3	Клас безпеки	Характер дії на організм і довкілля при перевищенні ГДК
1	2	3	4	5
1.	Оксид вуглецю	20	4	Має гостронаправлену дію на організм людини. Витісняє кисень з крові, при цьому його вміст може знижуватися з 18-20 до 8%, утрудняє віддачу O_2 тканинам. Більш всього при отруєнні страждає центральна нервова система, від чого виникають важкі розлади дихання, аж до його зупинки
2.	Діоксид азоту	2	3	Має гостронаправлену дію на організм. Може викликати роздратування в зіві, бронхопневмонію, набряк в легенях. При великих концентраціях – важкі отруєння, аж до смертельних. Дія на організм людини діоксиду азоту знижує опірність до захворювань, викликає кисневе голодування тканин, особливо у дітей. Підсилює дію канцерогенних речовин, сприяючи виникненню злоякісних новоутворень
3.	Аміак	20	3	По фізіологічній дії на організм відноситься до групи речовин задушливої і нейротропної дії, здатних при інгаляційній поразці викликати токсичний набряк легенів і важку поразку нервової системи. Аміак володіє як місцевою, так і резорбтивною дією. Пари аміаку сильно дратують слизисті оболонки очей і органів дихання, а також шкірні покриви.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5
4.	Сірчистий ангідрид	10	3	Дратує дихальні шляхи, викликає спазм бронхів і збільшення опору дихальних шляхів, що приводить до задишки, розладу свідомості
5.	Формальдегід (мурашиний альдегід менталь)	0,5	2	Має гостронаправлену дію на організм. Здатний викликати алергічні захворювання. Для гострого отруєння характерне роздратування слизистих оболонок очей і верхніх дихальних шляхыв: сльозоточіння, різь в очах, першіння в горлі, нежить, чхання і кашель, задишка, задуха. Одночасно наростає загальна слабкість, пітливість, головний біль. Хронічне отруєння може виявлятися в розладах чутливості до больових і температурних роздратувань, розладах потовиділення. Астма від формальдегіду - одна з частих і важких форм професійної астми
6.	Уайт-спіріт	300	4	Має низьку токсичність при вдиханні, попаданні на шкіру. Проте гостра дія може вплинути на центральну нервову систему, викликаючи відсутність координації і уповільнення реакції (при великій концентрації). Дія в дуже високій концентрації може привести до наркотичної дії і втрати свідомості. Тривала дія на шкіру може привести до серйозного дерматиту. В цілому уайт-спіріт не представляє небезпеки для довкілля
7.	Марганцю двоокис	0,3	2	Діє як сильна отрута, що викликає важкі органічні зміни в центральній нервовій системі, дегенеративні зміни в печінці, нирках, сердечному м'язі, манганокоз. Підвищується стомлюваність, сонливість, з'являється запаморочення
8.	Заліза окисел	6	4	Має загальнотоксичну і дратівливу дію. Викликає пневмоконіози, запальні захворювання верхніх дихальних доріг, порушення функцій печінки, зниження шлункової секреції, зміни в крові і серцево-судинній системі
9.	Кремнію двоокис	2 (вміст менш 20%)	3	Може викликати захворювання силікозом. Найбільш силікоопасни частки діаметром 1-2

2.5 Принципові технологічні схеми очищення викидів фасонно-сталеливарного цеху

Для електродугових печей у відмінності від інших видів сталеплавильних агрегатів характерне відносно нерівномірне газовиділення. Найбільш інтенсивне виділення пилу спостерігають в періоди плавлення і продування металу киснем. Воно складає близько 70% часу усієї плавки. Період продування киснем практично дуже нетривалий і складає від декількох хвилин до півгодини. Проте в цей час з печі виділяється близько 0,5 кг пилу на 1 $м^3$ кисню.

Кількість пилу, що виноситься з електричних сталеплавильних печей, складає 0,4 – 1,0% (по масі) виплавленої сталі.

З розвитком виплавки сталі в електропечах із застосуванням кисню були проведені експерименти по зниженню винесення пилу. Отримані результати були непереконливі.

У сталеплавильних процесах велика частина пилу утворюється під час продування сталі. Особливо багато пилу утворюється при продуванні киснем, причому це пил найдрібніший (субмікронний). Він надає газу певне забарвлення і має тенденцію до зависання в атмосфері. Для очищення газу від цього пилу потрібні спеціальні очисні споруди найвищого класу.

У фасонно-сталеливарному цеху застосовують електропечі невеликої місткості.

2.5.1 Очищення газів в тканинних рукавних фільтрах

Серед усього різноманіття тканинних пиловловлювачів найбільшу популярність здобули апарати рукавного типу, алгоритм функціонування яких продемонстровано на рисунку 2.2, а. Ключовим робочим органом такого пристрою є пористий циліндричний рукав, пошитий із захисного фільтрувального матеріалу. Внутрішній простір апарата розмежовано на

серію ізольованих секцій (камер), усередині кожної з яких змонтовано блоки таких рукавів. Потік аспіраційного повітря з колектора брудного газу спрямовується в нижню зону відповідної камери, після чого розподіляється безпосередньо всередину фільтрувальних елементів.

У процесі проштовхування крізь пори матеріалу газове середовище очищується, потрапляє у міжрукавний простір секції і крізь відчинений вихідний клапан евакуюється назовні, впадаючи в магістраль чистого газу. Тверді дисперсні частинки, що транспортувалися потоком, затримуються на внутрішній стінці тканинного циліндра. Це призводить до поступового наростання гідравлічного опору фільтрувальної перегородки. Щойно цей показник наближається до критичної межі, зумовленої технічними можливостями тягодуттєвого обладнання, секція автоматично перемикається в цикл регенерації, під час якого текстильні елементи очищуються від накопиченого пилового шару.

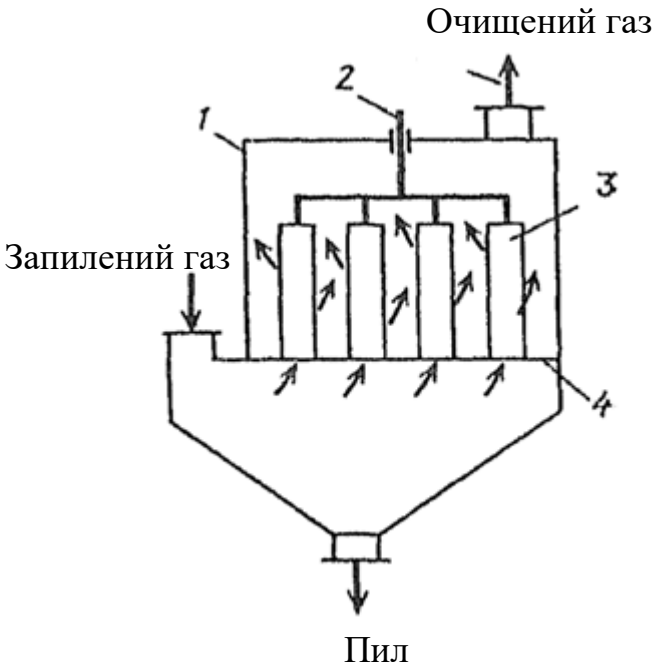


Рисунок 2.2 – Рукавний фільтр: 1 – корпус; 2 – струшуючий пристрій; 3 – рукав; 4 – розподільчі грати

Найбільш поширеним методом очищення текстильних елементів є організація зворотного газового потоку. При цьому очищене повітря від автономного нагнітача подається всередину секції крізь відкритий регенераційний клапан, тоді як магістральний випускний затвор перекривається. Проходячи крізь пори матеріалу у протилежному напрямку, цей потік руйнує сформований конгломерат пилу, який скидається в акумулюючий бункер і далі евакуюється гвинтовим конвеєром або іншими розвантажувальними пристроями. Газ, що пройшов процедуру очищення рукавів, через вхідний колектор повертається в загальний тракт запиленого середовища.

Для інтенсифікації процесу регенерації паралельно застосовують механічне струшування. Спеціальний приводний вузол забезпечує вертикально-зворотне переміщення підвісної рами, на якій зафіксовано верхні кришки рукавів.

Взаємодія дисперсного потоку з текстильною перегородкою має стадійний характер. На початковому етапі, коли матеріал ще повністю чистий, затримання твердих часток волокнами відбувається під дією базових фізичних явищ: дифузійного та інерційного захоплення, ефекту зачеплення, а також гравітаційного осадження й електростатичного притягання.

Зважаючи на високу щільність укладання ниток у структурі тканини, на її фронтальній поверхні швидко утворюється суцільний первинний шар із затриманого пилу, який блокує проникнення забруднень углиб матеріалу.

Цей новоутворений автошар (вторинне покриття) перебирає на себе роль головної фільтрувальної матриці. Оскільки геометричні розміри пор між частинками цього шару співмірні з калібром самих забруднень, провідним стає ситовий ефект.

Висока щільність та монолітність вторинного пилового прошарку для всіх фракцій дисперсної фази пояснює стабільно високі показники роботи тканинних систем, які за умов сформованого осаду часто перевищують 99,9%, незалежно від дисперсності пилу.

Будь-яке погіршення якості очищення зазвичай викликане локальним динамічним руйнуванням автошару. Проскакування неловлених часток відбувається через появу мікротріщин або в місцях із великими порами самого текстилю, де осад не здатний закріпитися. Деструкція та розтріскування пилової матриці можуть виникати безпосередньо під час робочого циклу під впливом коливань тиску газу або загальної мікровібрації обладнання.

Зростання зовнішніх динамічних навантажень, зокрема підвищення перепаду тиску на фільтрувальній перегородці, суттєво збільшує ймовірність таких пробоїв.

Експлуатаційна практика підтверджує, що раціональна швидкість фільтрації для більшості тканин становить 0,5–1,0 м/хв. Форсування цього показника призводить до вторинного винесення затриманих часток у чисту зону та різкого зростання гідравлічного опору. Натомість заниження швидкості вимагає значного збільшення габаритів та площі фільтрації апарата. Протягом фільтроциклу опір системи та її вловлювальна здатність безперервно зростають.

Промислові тканини виготовляються шляхом переплетення систем поздовжніх (основа) та поперечних (уток) ниток діаметром 300–700 мкм. Для покращення характеристик матеріал часто піддають ворсуванню (створенню розпушеного поверхневого шару). До текстилю, що експлуатується в газоочисних системах металургійних підприємств, висувають такі вимоги:

- висока термічна стійкість для роботи з гарячими газами;
- інертність до хімічно агресивних компонентів димових газів;
- стійкість до механічного стирання та втоми при багаторазових згинальних деформаціях під час регенерації;
- оптимальна пилоємність та здатність зберігати частину автошару після очищення для швидкого виходу на робочий режим;
- мінімальний опір газовому потоку в запиленому стані;
- низька гігроскопічність та здатність до легкої регенерації при

зволоженні;

- економічна доцільність.

Оскільки універсального матеріалу не існує, вибір конкретного типу текстилю робиться на основі компромісу між температурним режимом, вологістю, хімічною агресивністю середовища, терміном служби та вартістю.

На заміну класичним натуральним волокнам (вовна, бавовна, льон) сьогодні прийшли високотехнологічні синтетичні матеріали. Найширшого розповсюдження набули поліефірні (лавсан) та поліакрилонітрильні (нітрон) волокна, які поєднують тривалу термічну стабільність, міцність та високу якість очищення при середньому терміні експлуатації рукавів від 6 до 12 місяців. Матеріали на основі скловолокна мають відмінну температурну та хімічну стійкість, проте їхнім слабким місцем є крихкість при вигинах. Для усунення цього недоліку склотканини модифікують силіконовими сумішами, що дозволяє підняти робочу температурну межу до 500°С.

Перспективним напрямком є впровадження термостійких полімерів (таких як аксалон чи сульфон), які за термостійкістю не поступаються скляним волокнам, але мають значно вищу еластичність. Також розробляються металотканини для екстремальних температурних умов (понад 1000°С, проте досвід їхнього промислового використання в металургійному секторі наразі обмежений [5].

2.5.2 Очищення газів в електрофільтрах

Функціонування електростатичних фільтрів базується на сепарації дисперсних часток під впливом сил електричного поля. Процес починається з іонізації газового середовища в зоні дії коронного розряду, який генерується навколо коронуючого електрода. Утворені іони адсорбуються на поверхні пилових частинок, надаючи їм електричного заряду. Надалі під дією кулонівських сил заряджені аерозолі мігрують крізь міжелектродний простір і фіксуються на поверхні осаджувальних елементів.

Набуття частинками заряду в зоні коронування здійснюється за двома паралельними фізичними моделями: за рахунок направленого руху іонів уздовж силових ліній поля (ударне або полеве заряджання) та внаслідок хаотичної теплової дифузії іонів. Перший механізм є домінуючим для великих фракцій аерозолю калібром понад 0,5 мкм, тоді як дифузійний ефект визначає заряджання субмікронних частинок розміром менше 0,2 мкм. Для проміжного діапазону дисперсності 0,2-0,5 мкм вагомий внесок роблять обидва процеси. При цьому граничний заряд для часток розміром понад 0,5 км корелює із квадратом їхнього діаметра, а для ультрадисперсних часток менше 0,2 мкм спостерігається лінійна залежність від їхнього лінійного розміру.

Загальну конструктивну схему трубчастого електростатичного апарата наведено на рисунку 2.3. У таких установках забруднений потік транспортується у вертикальному напрямку крізь систему трубних елементів внутрішнім діаметром 200-250 мм. Уловлений осад накопичується на внутрішніх стінках цих циліндрів, після чого за допомогою періодичного спрацьовування механізмів струшування скидається в акумулюючий пиловий бункер.

Отже, повний цикл електростатичної сепарації складається з таких послідовних стадій: генерація газових іонів, електричне заряджання дисперсної фази, міграція заряджених частинок до поверхонь осадження, а також систематичне очищення електродів від накопиченого осаду з його подальшим скиданням у збірні бункери.

Залежно від конструктивного виконання промислові електрофільтри класифікують за низкою базових ознак:

- за вектором руху газового потоку: на апарати з вертикальним або горизонтальним ходом середовища;
- за геометрією осаджувальних елементів: на конструкції з трубчастими, пластинчастими, шестигранними або спеціальними С-подібними (широкосмуговими) профілями;

- за конфігурацією коронуючих елементів: на електроди з голчастим, круглим або штиковим поперечним перерізом;
- за кількістю послідовних зон очищення: на одно- та багатопільні установки;
- за просторовим розмежуванням процесів: на однозонні (де заряджання й осадження суміщені) та двозонні апарати;
- за кількістю паралельних технологічних ліній: на одно- та багатосекційні модифікації.

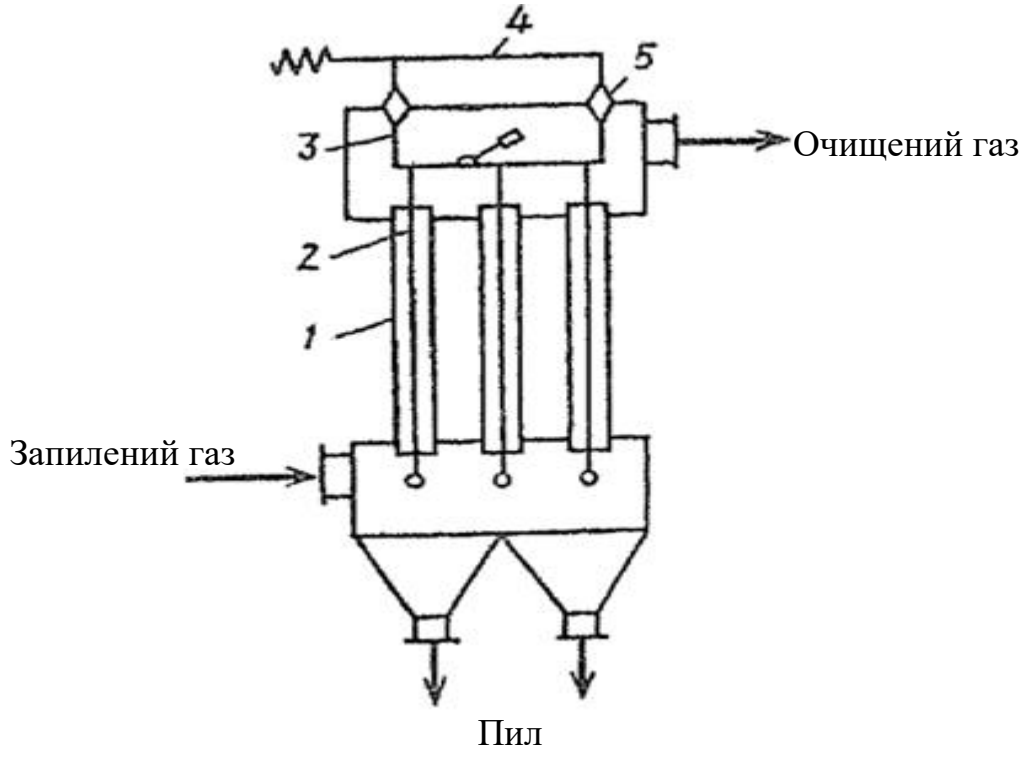


Рисунок 2.3 – Трубчастий електрофільтр: 1 – осаджувальний електрод; 2 – коронуючий електрод; 3 – рама; 4 – струшувальний пристрій; 5 – ізолятор

Найбільш поширені електрофільтри з пластинчатими і трубчастими електродами. У пластинчатих електрофільтрах між осаджувальними пластинчатими електродами натягнуті дротяні коронуючі. У трубчастих електрофільтрах осаджувальні електроди є циліндрами (трубки), всередині яких по осі розташовані коронуючі електроди [5].

Електрофільтри очищають великі об'єми газів від пилу з частками розміром від 0,01 до 100 мкм при температурі газів до 400-450°С. Гідравлічний опір їх досягає 150 Па. Витрати електроенергії складають 0,36-1,8 МДж на 1000 $м^3$ газу.

На якість функціонування електростатичних осаджувачів безпосередньо впливають фізико-хімічні параметри дисперсної та газової фаз, а також швидкісний режим і ступінь однорідності розподілу аерозолю по робочому перерізу камери. Процес пиловловлювання протікає тим ефективніше, чим вищим є показник напруженості електричного поля та чим нижчою є швидкість руху газового потоку всередині установки.

Високоомний пил (із низьким рівнем електропровідності) провокує виникнення ефекту зворотної корони. Це явище супроводжується генерацією позитивних іонів, які частково гасять негативний заряд частинок аерозолю, через що останні втрачають рухливість у міжелектродному просторі й перестають мігрувати до поверхонь осадження. Електричні властивості уловлених часток тісно пов'язані з хімічним складом обох фаз. Зокрема, штучне або природне зволоження газового середовища дозволяє суттєво зменшити питомий електричний опір (ПЕО) пилу.

Крім того, присутність у відхідних газах навіть незначних об'ємних часток (на рівні сотих чи десятих часток відсотка) таких компонентів, як діоксид сірки (SO_2) або аміак (NH_3), виступає чинником хімічного кондиціювання, що значно підвищує провідність дисперсної фази.

Екстремальні температурні режими негативно позначаються на електричній міцності газового зазору між електродами, що погіршує умови сепарації. Паралельно з ростом температури збільшується динамічна в'язкість та сумарний об'єм газів, а це призводить до форсування швидкості потоку в електрофільтрі та зниження загального ступеня очищення. За умов надмірних швидкостей також критично зростає ризик вторинного винесення (зриву) вже вловленого пилу з поверхонь осадження.

Стабільна робота електростатичних апаратів можлива лише за умови систематичного підтримання чистоти як коронуючих, так і осаджувальних елементів. Накопичення відкладень на коронуючих стержнях призводить до зміщення порогу початку коронування у бік вищих напруг. Якщо ж пиловий осад має діелектричні властивості, то сформований на електродах шар виконує роль ізолятора, що здатно повністю заблокувати генерацію коронного розряду.

2.5.3 Очищення газів в мокрих пиловловлювачах

Мокрі пиловловлювачі працюють за принципом зволоження часток, що укрупнюються в процесі руху і легко відділяються від повітря. Інший принцип роботи мокрих пиловловлювачів полягає в коагуляції часток пилу з краплями рідини, їх осадження і видалення разом з рідиною. В усіх випадках очищення газу в мокрих пиловловлювачах важливим чинником є змочуваність часток рідиною: чим більша змочуваність, тим ефективніший процес очищення.

В мокрих пиловловлювачах в якості зрошувальної рідини найчастіше використовується вода. Залежно від поверхні контакту або за способом дії їх підрозділяють на 8 видів [6]:

1) порожнисті газопромивники;

2) насадні скрубери;

3) тарілчасті (барботажні і пінні);

4) з рухливою насадкою;

5) ударно-инерційної дії (ротоклони);

6) відцентрованої дії;

7) механічні газопромивачі;

8) швидкісні газопромивачі (скрубери Вентурі і ежекторні).

Порожнисті газопромивачі. Найбільш поширені порожнисті форсункові скрубери (рис. 2.4, а). Вони є колоною круглого або

прямокутного перерізу, в якій здійснюється контакт між газом і краплями рідини. За напрямком руху газу і рідини порожнисті скрубери ділять на протитечійні, прямоточні і з поперечним підведенням рідини.

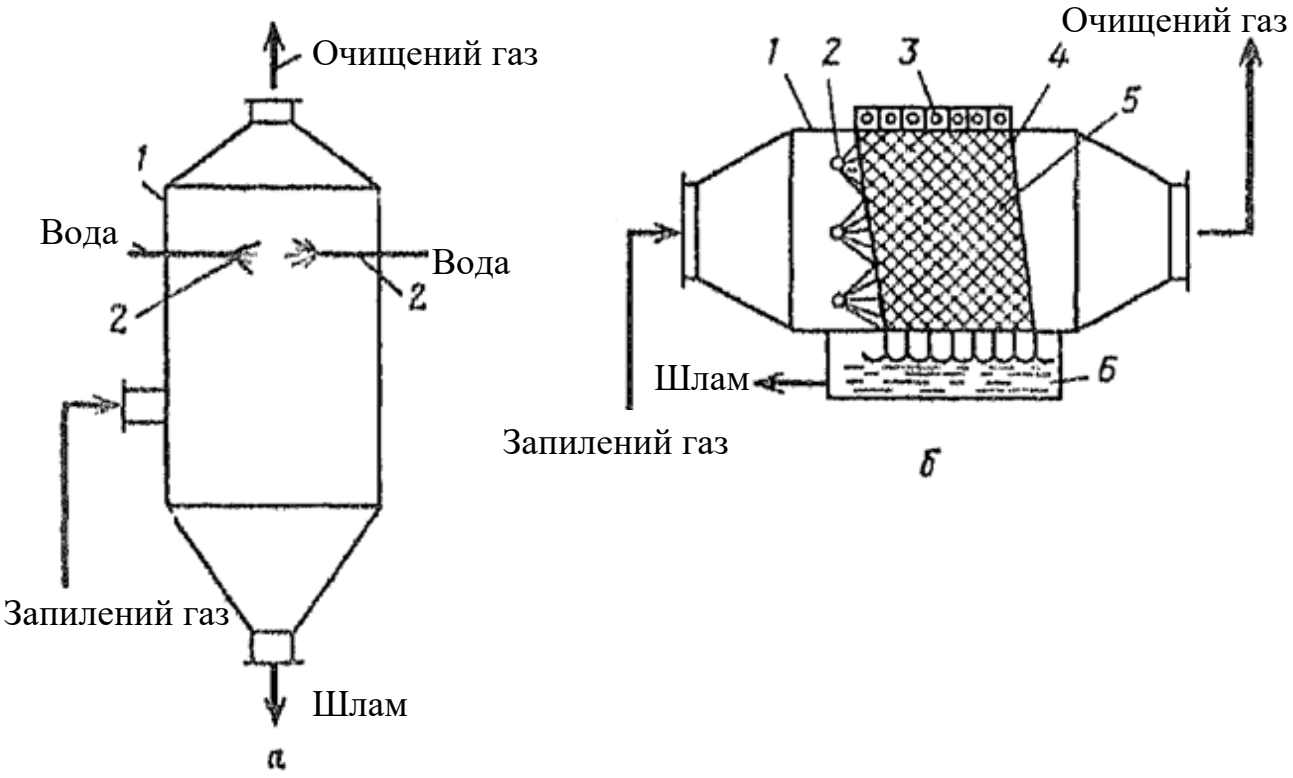


Рисунок 2.4 – Скрубери: а – порожнистий форсунковий: 1 – корпус; 2 – форсунки; б – насадний з поперечним зрошуванням: 1 – корпус; 2 – форсунка; 3 – зрошувальний пристрій; 4 – опорні грати; 5 – насадка; 6 – шламозбірник

Форсунки встановлюють в колоні в одному або декількох перерізах: іноді рядами до 14-16 в кожному перерізі, іноді тільки по осі апарату.

При роботі без краплеуловлювачів частіше використовують протитечійні скрубери. Швидкість газу в них змінюється від 0,6 до 1,2 м/с. Скрубери з краплеуловлювачами працюють при швидкості газу 5-8 м/с. Гідравлічний опір порожнистого скрубера без краплеуловлювача і газорозподільника зазвичай не перевищує 250 Па.

Скрубери забезпечують високу міру очищення тільки при уловлюванні часток пилу розміром $d_ч$ = 10 мкм і малоефективні при уловлюванні часток розміром d_2<5 мкм.

Насадні газопромивачі. Вони представленні колонами з насадкою навалом або регулярною. Їх використовують для уловлювання добре змочуваного пилу, але при невисокій його концентрації. Унаслідок частого забивання насадки такі газопромивачі використовують рідко. Окрім протитечійних колон на практиці застосовують насадні скрубери з поперечним зрошенням (рис. 2.4, б). В них для забезпечення кращого змочування поверхні насадки шар її зазвичай нахилений на 7-10° у напрямку газового потоку. Витрата рідини 0,15-0,5 л/м^3, ефективність при уловлюванні часток розміром $d_ч$≥2 мкм перевищує 90%.

Газопромивачі з рухливою насадкою. Вони мають велике поширення в пилоуловлюванні (рис. 2.5, а). В якості насадки використовують кулі з полімерних матеріалів, скла або пористої гуми. Насадкою можуть бути кільця, сідла і т. д. Щільність куль насадки не повинна перевищувати щільності рідини [7].

Скрубери з рухливою кульовою насадкою конічної форми (КСШ). Для забезпечення стабільності роботи в широкому діапазоні швидкостей газу, поліпшення розподілу рідини до зменшення віднесення бризок запропоновані апарати з рухливою кульовою насадкою конічної форми. Розроблені два типи апаратів: форсунковий і ежекційний (рис. 2.5, б, в).

В ежекційному скрубері зрошування куль здійснюється рідиною, яка всмоктується з посудини з постійним рівнем газами, що підлягають очищенню. Проміжок між нижньою основою конуса і рівнем рідини залежить від продуктивності апарату (чим більший проміжок, тим більша продуктивність). У апаратах застосовують поліетиленові кулі діаметром 34-40 мм з насипною щільністю 110-120 кг/м^3. Висота шару куль $H_{ст}$ складає 650мм; швидкість газу на вході в шар коливається в межах 6-10 м/с і зменшується на виході до 1-2 м/с. Висота конічної частини в обох варіантах

прийнята 1 м. Кут розкриття конічної частини залежить від продуктивності апаратів і може складати від 10 до 60°. Для уловлювання бризок в циліндричній частині апаратів розташовується незрошуваний шар куль заввишки 150 мм.

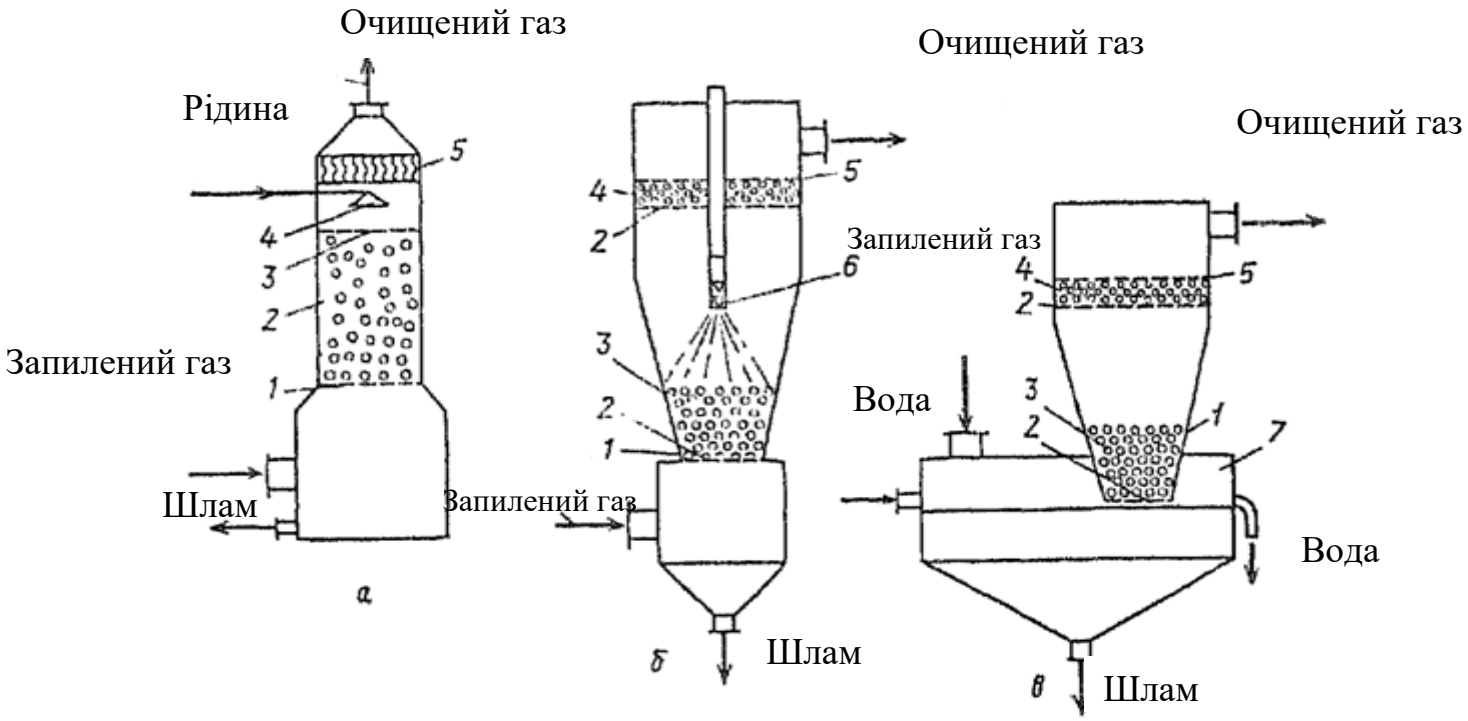


Рисунок 2.5 – Газопромивачі з рухливою насадкою: а – з циліндричним шаром: 1 – опірні грати; 2 – кульова насадка; 3 – обмежувальні грати; 4 – зрошувальний пристрій; 5 – бризкоуловлювач; б і в – з конічним шаром форсунковий і ежекційний: 1 – корпус; 2 – опірні грати; 3 – шар куль; 4 – бризкоуловлювач; 5 – обмежувальні грати; 6 – форсунка; 7 – ємність з постійним рівнем рідини

У форсунковому скрубері витрата рідини на 1 м^3 газів складає 4-6 л. Гідравлічний опір в форсункових скруберах – 900-1400 Па, ежекційних – від 800 до 1400 Па. Продуктивність конічних скруберів від 3000 до 40 000 м^3/ч.

Тарілчасті газопромивачі (барботажні, пінні). Найбільш поширені пінні апарати з провальними тарілками або тарілками з переливанням (рис. 2.6).

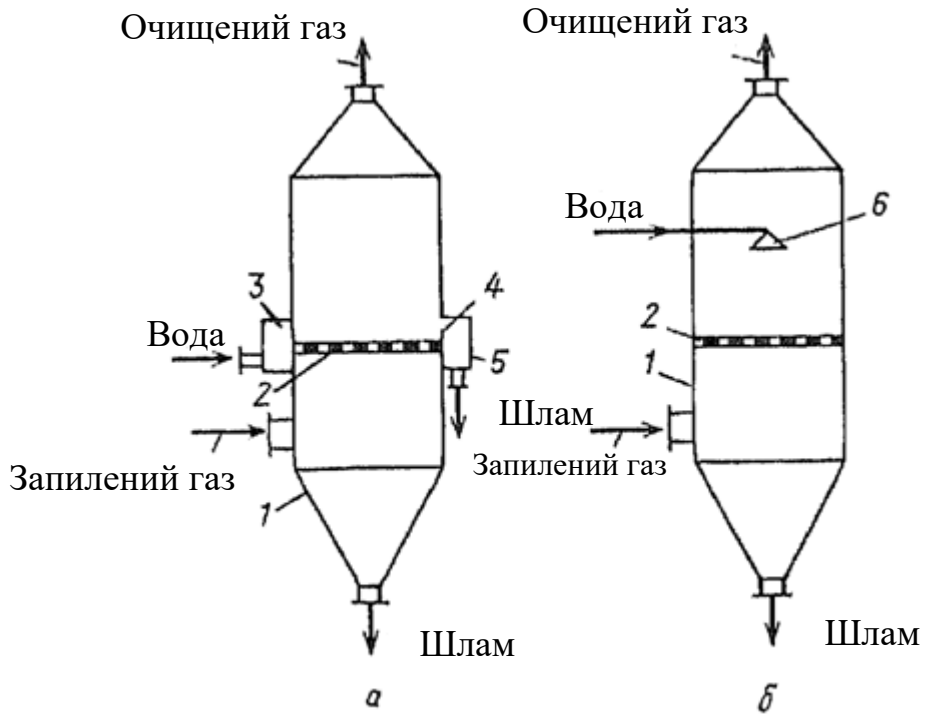


Рисунок 2.6 – Пінні пилоуловлювачі: а – з тарілкою переливання; б – з провальною тарілкою; 1 – корпус; 2 – тарілка; 3 – приймальна коробка; 4 – поріг; 5 – зливна коробка; 6 – зрошувач

Тарілки з переливанням мають отвори діаметром 3-8 мм і вільний переріз 0,15- 0,25 $м^2/м^2$. Провальні тарілки можуть бути дірчастими, щілинними, трубчастими і колосниковими. Дірчасті тарілки мають отвори d_0=4-8 мм. Ширина щілин у інших конструкцій тарілок дорівнює 4-5 мм. Вільний переріз усіх тарілок складає 0,2-0,3 $м^2/м^2$. Пил уловлюється пінним шаром, який утворюється при взаємодії газу і рідини.

Виділяють наступні стадії процесу уловлювання пилу в пінних апаратах: інерційне осадження часток пилу в підгратчастому просторі; першу стадію уловлювання часток пилу в пінному шарі («механізм удару»); другу стадію уловлювання часток пилу в пінному шарі (інерційно-турбулентне осадження часток на поверхні піни).

Ефективність уловлювання пилу в підгратчастому просторі значна при уловлюванні пилу розміром часток більше 10 мкм. Переважаючим в роботі пінних апаратів для пилоуловлювання являється «механізм удару».

Ефективність цього механізму набагато більша ефективності інших механізмів.

Газопромивачі ударно-інерційної дії. У цих апаратах контакт газів з рідиною здійснюється за рахунок удару газового потоку об поверхню рідини з подальшим пропусканням газорідинної суспензії через отвори різної конфігурації або безпосереднім відведенням газорідинної суспензії в сепаратор рідкої фази. В результаті такої взаємодії утворюються краплі діаметром 300-400 мкм.

Найбільш простим за конструкцією є апарат, що показаний на рисунку 2.7. Газ з великою швидкістю входить в колону. При оберті на 180^0 виникає інерційне осадження часток пилу на краплях рідини. В основі процесу осадження лежить «механізм удару».

Газопромивачі відцентрової дії. Найбільш розповсюджені відцентрові скрубери, які за конструктивною ознакою можна розділити на два види:

1) апарати, в яких закручування газового потоку здійснюється за допомогою центрального лопатевого пристрою, що закручується;

2) апарати з бічним тангенціальним або равликовим підведенням газу.

Останні зрошують через форсунки, встановлені в центральній частині апарату, окрім того, рідина, що стікає по внутрішній поверхні стінки апарату, утворює плівку.

Більшість вітчизняних відцентрових скруберів мають тангенціальне підведення газів і плівкове зрошування. Схема циклону з водяною плівкою представлена на рисунку 2.8, а. Такі апарати використовують для очищення будь-яких видів пилу, що не цементується. Для створення на внутрішній поверхні стінки плівки води, її тангенціально вводять в апарат через ряд трубок, розташованих у верхній його частині [8].

При вмісті пилу, що перевищує 2 г/м^3, до очищення в циклоні з водяною плівкою рекомендується попереднє очищення газів в апараті іншого типу. Для уловлювання змочуваного пилу (за винятком волокнистого і того,

що цементується) при початковій концентрації до 5 г/м^3 використовують швидкісні промивачі СІОП.

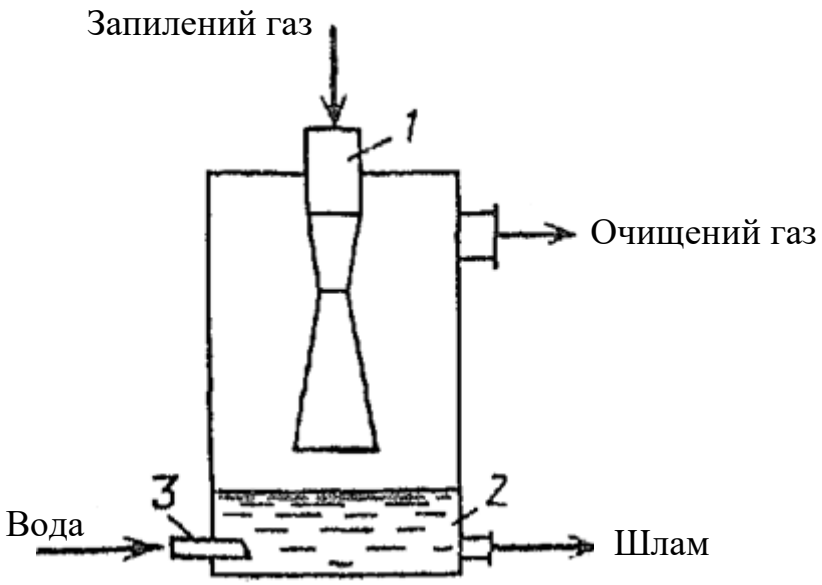


Рисунок 2.7 – Пилоуловлювач ударно-інерційної дії: 1 – вхідний патрубок; 2 – резервуар з рідиною; 3 – сопло

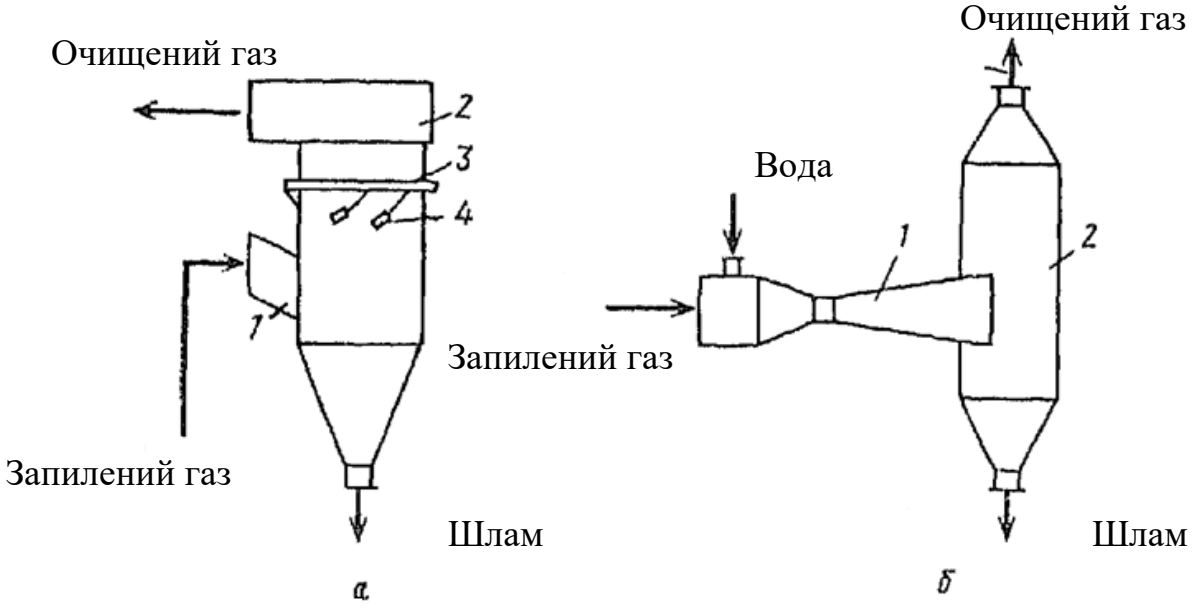


Рисунок 2.8 – Мокрі пилоуловлювачі: а – циклон з водяною плівкою: 1 – вхідний патрубок; 2 – вихідний патрубок; 3 – кільцевий колектор; 4 – сопло; б – скрубер Вентурі з виносним краплеуловлювачем: 1 – труба-розпилювач; 2 – циклон-пилоуловлювач

Серед високошвидкісних мокрих очисників найбільш затребуваними є системи, що базуються на використанні ефекту Вентурі. Вони демонструють найвищу вловлювальну здатність з-поміж усіх технологій мокрої сепарації промислових аерозолів. З огляду на постійне посилення екологічних нормативів щодо чистоти відхідних газів на підприємствах, установки з трубами Вентурі впевнено посідають лідируючі позиції у своєму класі обладнання.

Загальне конструктивне виконнаня газоочисної системи на основі цього принципу відображено на рисунку 2.9. Ключовими вузлами комплексу є безпосередньо коагуляційна труба Вентурі 1, а також з'єднаний із нею сепараційний циклон-краплевловлювач 2 прямоточного типу. Вектор руху забрудненого газового потоку спрямований зверху вниз: газ потрапляє у конфузор (зону звуження) труби, куди через механічне розпилювальне сопло (форсунку) 3 подається технологічна рідина (переважно технічна вода).

У горловині труби, де швидкість газу може перевищувати 100 м/с, і в частині дифузора (що розширюється) відбувається дроблення крапель рідини, на поверхні яких осідають частки пилу. Площа поверхні крапель досить велика, щоб уловити практично увесь пил. Великі краплі виводяться з нижнього штуцера 4 труби Вентурі, а дрібні з потоком газу поступають в циклон 2. Цей елемент установки виконується за типом апаратів ЦВП, але на відміну від них не має у верхній частині форсунок для подання рідини, що стікає по стінках у вигляді плівки. Рідина з частками пилу виводиться через нижній штуцер 5 циклону, а очищений газ – через верхній газовідвод равлика 6.

Забруднена рідина, що виходить з труби Вентурі 1 і циклону 2, збирається у відстойнику 7, звідки насосом 8 подається у форсунку 3. Така циркуляційна система дозволяє підібрати витрату рідини, що забезпечує максимальну міру пиловловлювання. Для забезпечення надійної роботи форсунки у збірку 7 безперервно подається свіжа рідина і в такій же кількості виводиться забруднена [9].

Витрата рідини в основному циркуляційному контурі визначається тепловим балансом роботи пиловловлювача і розраховується з умови, що температура води, яка виходить, не повинна перевищувати 40-45°С. Зміст пилу в оборотній воді, що гарантує надійну роботу форсунки, не повинен перевищувати 0,5 кг/м^3. Ця концентрація пилу є умовою, що визначає витрату свіжої води, яка подається у збірку.

Основна вимога, що пред'являється до системи зрошування, - надійність її роботи. Оскільки в цій системі циркулює вода з частками пилу, то найбільш вразливим місцем по засміченню є сопло форсунки, і особливу увагу слід приділяти вибору його діаметру.

Скрубери Вентурі можуть працювати з високою ефективністю: 96-98% на пилу з середнім розміром часток 1-2 мкм і уловлювати високодисперсні частки пилу (аж до субмікронних розмірів) в широкому діапазоні початкової концентрації його в газі – від 0,05 до 100 г/м^3. При роботі в режимі тонкого очищення від високодисперсного пилу швидкість газів в горловині повинна підтримуватися в межах 100-150 м/с, а питома витрата води – в межах 0,5-1,2 дм^3/м^3. Це обумовлює необхідність великого перепаду тиску (10-20 кПа) і, отже, значних витрат енергії на очищення газу. У ряді випадків, коли труба Вентурі працює тільки як коагулятор перед подальшим тонким очищенням (наприклад, в електрофільтрах) або для уловлювання великого пилу розміром часток більше 5-10 мкм, швидкості в горловині можуть бути понижені до 50-100 м/с, що значно скорочує енерговитрати.

Переваги експлуатації швидкісних мокрих пиловловлювачів (апаратів Вентурі) [10]:

- конструктивна лаконічність: апарати відрізняються простотою виготовлення, експлуатації та доступною капітальною вартістю;
- високі сепараційні показники: за якістю вловлювання вони суттєво перевершують будь-які сухі механічні очисники інерційного чи відцентрового типу;
- компактність системи: габаритні розміри мокрих комплексів є

значно меншими, ніж у класичних рукавних або електростатичних фільтрів аналогічної продуктивності;

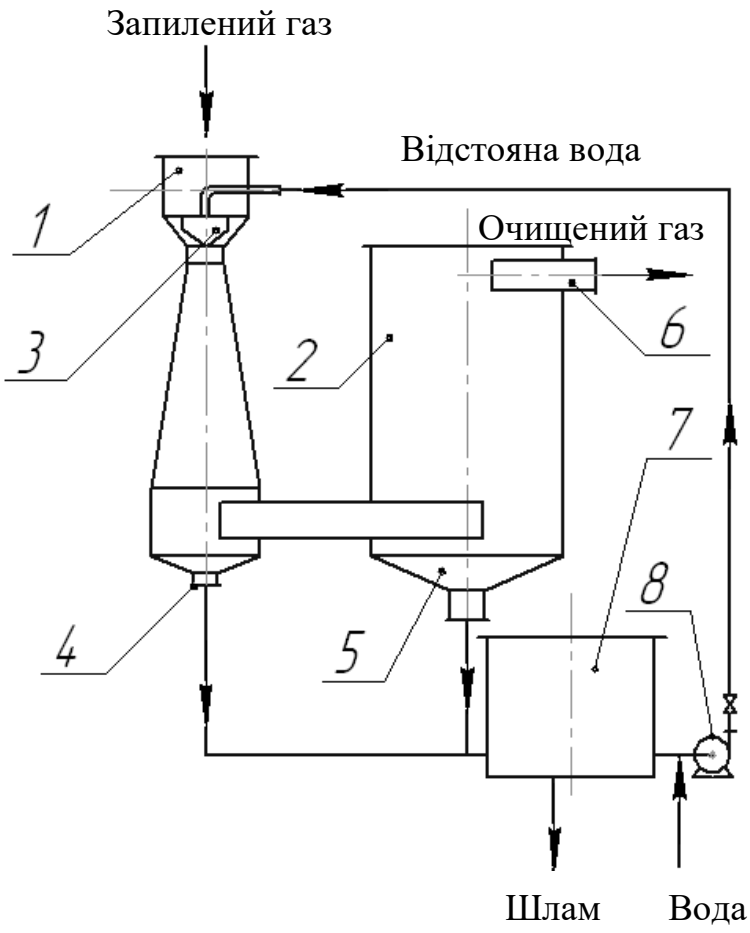


Рисунок 2.9 – Схема установки пиловловлювання із скрубером Вентурі:
1 – труба Вентурі; 2 – циклон-краплеуловлювач; 3 – форсунка; 4, 5 – штуцер;
6 – равлики; 7 – відстійник; 8 – насос

- технологічна гнучкість: обладнання стабільно працює в умовах екстремальних температур та насичення газового потоку водяною парою;
- пожежо- та вибухобезпека: специфіка мокрого процесу дозволяє без ризиків транспортувати й очищувати вибухонебезпечні газові суміші;
- універсальність очищення: одночасно з механічними домішками (пилом) апарат здатний сорбувати тумани, парові фази та леткі газові компоненти (абсорбція);

- робота з високозапиленими потоками: при початковому вмісті твердої фази до 100 г/м^3 ступінь затримання дрібнодисперсного пилу становить 98-99%;
- уловлювання рідких аерозолів: ефективність знешкодження дрібних туманів сягає 99,9%.

Недоліки, притаманні системам очищення типу Вентурі:

- Енергоємність процесу: досягнення максимальних показників очищення вимагає суттєвих питомих витрат енергії на подолання великого гідравлічного опору;
- Утворення вторинних відходів: спійманий продукт виводиться у формі водно-пилової суспензії (шламу), що ускладнює його повернення в технологічний цикл і підвищує собівартість переробки;
- Необхідність супутньої інфраструктури: експлуатація вимагає обов'язкового створення оборотного водогосподарського комплексу (радіальних відстійників, насосних станцій, систем охолодження тощо), що помітно збільшує кошторис усього газоочисного об'єкта;
- Ризик заростання тракту: у випадку падіння температури середовища нижче «точки роси» або при винесенні крапель вологи з апарата на стінках газоходів і внутрішніх вузлах утворюються щільні пилові відкладення;
- Агресивний знос металу: присутність у димових газах хімічно активних сполук провокує швидке корозійне руйнування конструкційних елементів та трубопроводів;
- Деструктивний вплив на газовідвідні споруди: залишковий краплинний винос вологи негативно діє на внутрішню футеровку цегляних та залізобетонних димових труб;
- Погіршення умов евакуації викидів: насичений вологою й охолоджений газ має низьку плавучість (термічний підйом), що погіршує параметри його розсіювання в атмосфері після виходу з димаря;
- Супутні енерговитрати: виникає потреба в додатковому живленні

насосних агрегатів, компресорних установок та засобів подачі технологічних середовищ.

Незважаючи на ці недоліки, скрубери Вентурі широко застосовують в металургії, особливо у випадках, коли разом з очищенням потрібно охолодження і зволоження газу. Мокрі апарати встановлюють також у разі відсутності місця для розміщення електрофільтрів або тканинних фільтрів. Рентабельність мокрого очищення газів значно підвищується у разі можливості приєднання її до існуючого водного господарства.

2.6 Обґрунтування обраного способу очищення газів

Неорганізовані викиди власне електропечей становлять 160…250 $м^3$/т сталі. Концентрація пилу в газах, що відсмоктуються підвісним зонтом, дорівнює 150…200 г/$м^3$, а від навколоелектродних зазорів –2…8 г/$м^3$ у газах.

Проєктна схема передбачає відбір запилених газів від підвісного зонта, встановленого над піччю. Зонт забезпечує локалізацію основних викидів. Площа зонта над піччю становить $3,14 \times 0,7^2 = 1,54$ $м^2$.

Кількість газів, що відбираються від місць виділення забруднюючих речовин, регулюється запірно-регулювальною арматурою, яка представлена засувками.

Запилене аспіраційне повітря за допомогою повітроводів спрямовується у вузол входу «брудного» газу в циклон СЦН-40, далі в рукавний фільтр ФРІР-100 і після тонкого очищення викидається в атмосферу. Спонукачем тяги є димосос ДН-11,2 (рис. 2.10).

Схема очищення газів представлена на рисунку 2.10.

За цією схемою гази від печі відводяться через зонт, установлений над піччю. Запилений газ по газоходу брудного газу надходить до циклону, ефективність якого становить 98%. Очищений у циклоні газ надходить на тонке очищення в рукавний фільтр, де, проходячи через тканину рукавів, очищується на 99-99,9%. Пил осаджується на рукавах, а після їх регенерації

осипається в нижню частину рукавного фільтра – пиловий бункер. Спонукачем тяги в системі є димосос.

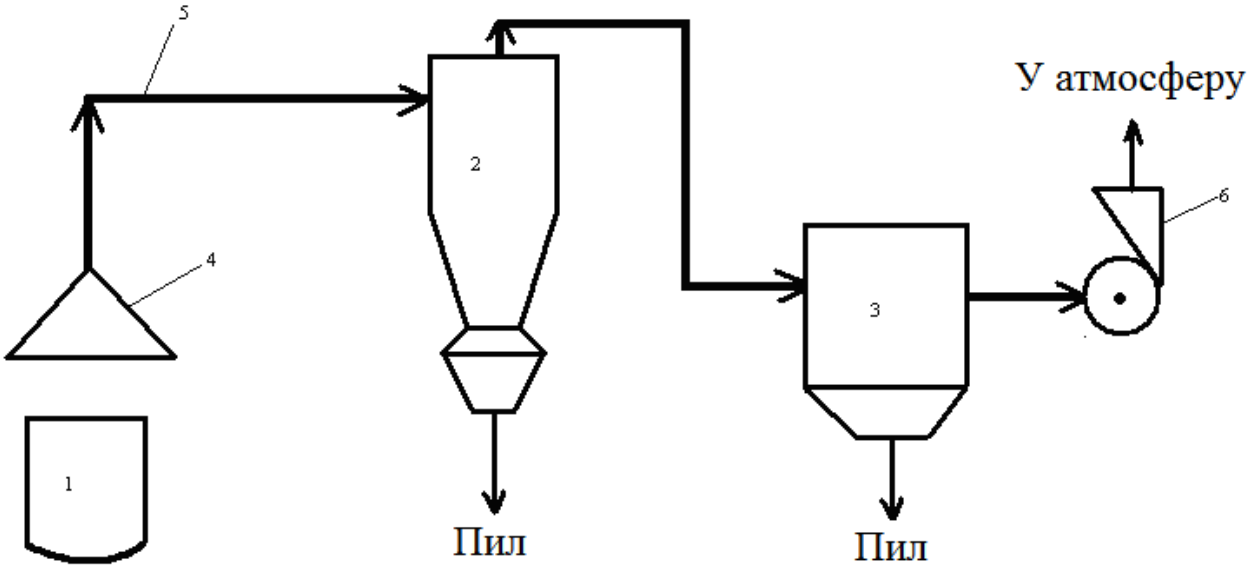


Рисунок 2.10 – Схема очищення газів від печі: 1 – піч; 2 – циклон; 3 – рукавний фільтр; 4 – зонт; 5 – газохід; 6 – димосос.

Обраний спосіб очищення газів має такі переваги порівняно з іншими способами:

1. відсутність шламового господарства, що значно знижує витрати на очищення газу;
2. відсутність налипання пилу на лопатках вентилятора, що виключає необхідність зупиняти димосос для очищення;
3. пил легше утилізувати, оскільки його простіше підготувати до використання.

Уловлений у циклоні та рукавному фільтрі пил при регенерації осаджується в бункері, звідки за допомогою шлюзового живильника спрямовується в систему пилоприбирання.

Приймаємо до встановлення рукавний фільтр ФРІР–100 з площею фільтрації 97,3 м^2.

Ступінь очищення від пилу в рукавному фільтрі становить 99,9%.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Умови і охорона праці істотно впливають на основні економічні показники підприємства. Від стану умов праці і їх дії на організм працюючої людини залежить рівень її працездатності і продуктивності праці. Проблеми охорони праці зачіпають багато сторін життя і діяльності робочих колективів, організації праці і управління виробництвом. Особливо гостро вони виявляються безпосередньо на підприємстві, де зони формування різних небезпечних і шкідливих чинників практично пронизують все продуктивне середовище, в якому здійснюється трудова діяльність персоналу.

Як основні напрями розробки проблем охорони праці, що мають найбільше значення для сталеливарного виробництва, вказані:

- всемірне підвищення рівня механізації і автоматизації робіт на робочих місцях на базі серійної техніки, що випускається, і сучасної технології;

- впровадження нової техніки і технології як вирішального засобу підвищення безпеки і поліпшення умов праці;

- розробка ергономічного принципу оптимальної автоматизації технологічного процесу на основі доцільного поєднання характеристик людини і устаткування;

- підвищення рівня пожежної безпеки виробництва шляхом розробки методів оцінки пожежної небезпеки устаткування, матеріалів, технології і комплексних заходів посилення пожежної профілактики;

- створення безпечної техніки і технології по усіх чинниках шкідливої дії в системі «людина-машина-навколишнє середовище».

Виходячи з вищесказаного можна сформулювати наступні завдання охорони праці:

- досягнення максимальної продуктивності праці;

- забезпечення сприятливих для персоналу умов праці, повної безпеки, нешкідливості і комфортності, високої економічної ефективності

виробництва;

- поліпшення умов праці;

- контроль виконання норм Державних стандартів, санітарних норм, будівельних норм і правил, технічних умов, вимог правил безпеки;

- запобігання виробничому травматизму і захворюванням, виробничих аварій;

- розробка заходів щодо забезпечення безпеки праці.

3.1 Аналіз умов праці

Основними шкідливими і небезпечними виробничими чинниками в даному фасонно-сталеливарному цеху є пил дезінтеграції і конденсації, пари і гази, що виділяються, надлишкова теплота, підвищений рівень шуму і вібрації, електромагнітне випромінювання, підвищена напруга в електричних ланцюгах, рухомі машини і механізми, рухливі частини устаткування.

Пил сталеливарного цеху в основному дрібний. Так, кількість порошинок розміром до 2 мкм складає 62-87% загального числа порошинок, що знаходяться в повітрі. Значну частину пилу складає діоксид кремнію, що виділяється при приготуванні формувальних і стрижньових сумішей, вибиванні і очищенні відливань. До газів і пар, що забруднюють повітря сталеливарного цеху, відносяться: оксид вуглецю, оксид азоту, сірчистий ангідрид, аміак, формальдегід, уайт-спіріт та ін. Для зменшення пилеутворення в проекті передбачається використання піскомета, вибивання ж передбачається виробляти на вибивних гратах з кожухами, що накриваються.

Значні надлишкові виділення теплоти відбуваються в плавильному відділенні, при заливці форм, термічній обробці. Втрати теплоти основним технологічним устаткуванням складають приблизно 14-62% загальної витрати теплоти, що доводиться на розплавлення металу, а кількість теплоти що виділяється при розливанні металу досягає 3000 МДж/т. Інтенсивність

теплового потоку в ливарному цеху на ряду робочих місць досягає високих значень – при випуску сталі з електричних печей 7,0-8,4 кВт/м^2.

Для зниження такого негативного впливу застосовуються наступні заходи: теплоізоляція, місцева і загальна вентиляція, індивідуальні засоби захисту. Негативну дію чинить загальна вібрація, джерелами якої є дії вибивних грат, піскометів і локальна вібрація, її ж джерелами є пневматичні рубальні молотки, трамбівки і так далі.

Застосування різного механічного устаткування і висока щільність його розміщення в цеху припускає зробити розмітку безпечних доріжок для проходу людей, з метою зменшення випадків травматизму. Ливарне виробництво пов'язане з переміщенням великої кількості матеріалів напівфабрикатів і готових виробів, це є небезпечним чинником, оскільки більшість нещасних випадків доводяться на навантажувально-розвантажувальні роботи. З метою зменшення ризику передбачається робити навчання і інструктажі на кроквяні роботи. Також особлива увага потрібна при роботі з небезпечними вантажами, при роботі з якими можливі пожежі, вибухи і отруєння. Ці роботи вимагають дотримання спеціальних вимог.

У цеху відповідно можна виділити одну основну категорію тяжкості праці – робота середньої тяжкості – другої категорії (роботи пов'язані з постійною ходьбою і перенесенням тяжкості вагою до 10 кг, а також роботи вироблювані стоячи).

За медико-фізіологічною класифікацією тяжкості праці в цеху він відноситься до другої А категорії, яка включає роботи, що виконуються в умовах, що відповідають гранично допустимим значенням виробничих чинників.

У таблиці 3.1 приведені параметри мікроклімату для фізичних робіт середньої тяжкості IIа категорії з енерговитратами до 172-232 Дж/с (ккал/годину).

Для досягнення оптимальних (допустимих) показників мікроклімату регламентується температура внутрішніх поверхонь, що захищають робочу

зону, перепади температур повітря по висоті і горизонталі робочої зони, її зміна впродовж зміни. У холодний період року необхідно передбачати заходи по захисту робочих місць від охолодження, а в теплий період – від попадання сонячних променів [11].

Таблиця 3.1 – Нормативні і фактичні значення мікроклімату

Період року	Температура, ^{0}C					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
	Фактичні значення	допустима				Фактичні значення	допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Фактичні значення	допустима на робочих місцях постійних і непостійних*
		верхня межа		нижня межа					
		постійних	непостійних	постійних	непостійних				
Холодний	8-20	23	24	17	15	56-63	75	0,1-0,3	не більш 0,3
Теплий	21-29	27	29	18	17	47-65	65 (при 26^{0}C)	0,3-0,4	0,2-0,4

Дослідження повітряного середовища у фасонно-сталеливарному цеху показало, що в повітрі робочої зони містяться комплекси шкідливих речовин, які представлені в таблиці 3.2.

Джерелами пило- і газовиділення в сталеливарному цеху є плавильні агрегати, устаткування для приготування сумішей і стержнів, формувальні ділянки, вибивання і очищення відливань.

Контроль вмісту шкідливих речовин 2-4 класу в повітрі цеху проводиться по графіку. Для усунення шкідливої дії речовин на робітників, населення і довкілля передбачено очищення технологічних викидів [12].

Таблиця 3.2 – Аналіз шкідливих речовин у повітрі робочої зони

№ п/п	Речовина	Величина гранично допустимої концентрації, мг/м^3	Величина фактичної концентрації, мг/м^3	Клас небезпеки	Агрегатний стан
1	Оксид вуглецю	20	15	4	п
2	Діоксид азоту	5	1,28	2	п
3	Сірчаний ангідрид	10	10	3	п
4	Аміак	20	2	3	п
5	Формальдегід	0,5	0,5	2	п
6	Уайт-спіріт	300	120	4	п
7	Марганцю двоокис	0,3	0,007	2	а
8	Заліза окисел	6	2,5	4	а
9	Кремнію двоокис	2 (вміст менш 20%)	1	3	п

Рівень звукового тиску що виникає на робочому місці при роботі верстата і допустимий рівень вібрації представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Фактичні і допустимі рівні шуму на виробництві

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньогеометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівні звуку, дБ (А)
	1,5	3	25	50	500	1000	2000	4000	8000	
Постійні робочі місця і робочі зони у виробничих приміщеннях і на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80
Фактичні норми шуму	82	80	87	83	85	81	78	70	68	85

Перевищення допустимого рівня шуму призводить до зниження працездатності, а також викликає у працюючих професійні захворювання: неврит слухового нерву. Дія шуму 150дБ (А) на органи слуху може

викликати травму барабанної перетинки і слухових кісточок. Також шум безпосередньо впливає на нервову систему і роботу внутрішніх органів.

Неурівноважені силові дії виникають внаслідок зворотно-поступального руху, зіткнення деталей машини, що рухаються, за наявності проміжків, при обертанні неурівноважених мас тіл, що обертаються.

Локальна вібрація викликає спазми судин, які, починаючи з кінцевих фаланг пальців поширюються на усю кисть, передпліччя і охоплює судини серця. Внаслідок цього відбувається порушення периферичного кровопостачання – погіршення постачання кінцівок кров'ю.

Приміщення цеху по небезпеці поразки електричним струмом згідно «Правил облаштування електроустановок» (ПОЕ) можна віднести до приміщення з особливою небезпекою, яке характеризується наявністю в ньому наступних умов [13]:

- струмопровідного пилу і полу;
- є можливість одночасного торкання корпусу електроустановки і корпусу заземленого устаткування.

Дія електромагнітного поля на організм людини полягає в поляризації атомів і молекул тканин організму у орієнтації полярних молекул по напряму поширення електромагнітного поля. Результатом є зміни серцево-судинної системи, обміну речовин, порушення діяльності центральної нервової системи.

Раціональне освітлення має велике значення для здоров'я працюючих. Під впливом світлового випромінювання прискорюються процеси вищої нервової діяльності, підвищується загальна активність. Нестача світла викликає напругу очей, утрудняє відмінність предметів, уповільнює темп роботи.

Для створення світлового комфорту на підприємстві використовують природне освітлення, що створюється прямими сонячними променями; штучне освітлення, що створюється електричними джерелами світла; і поєднане.

Сприятливі світлові умови роблять благотворний загальний вплив на працездатність людини і якість виконання роботи.

Зорова робота в сталеплавильному цеху є дуже високої, високої і середньої точності, II, III, IV розряду зорової роботи (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Освітленість на робочих поверхнях у виробничих приміщеннях при штучному освітленні

Характеристика зорової зони	Найменший розмір об'єкту відмінності, мм	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту відмінності з фоном	Характеристика фону	Освітленість, лк	
						При комбінованому освітленні	При загальному освітленні
Дуже високої точності	0,15-0,3	II	Б	малий середній	середній темний	3000	750
Високої точності	0,3-0,45	III	Б	малий середній	середній темний	100	300
Середньої точності	0,5-1	IV	А	малий	темний	750	300

Освітленість на робочих місцях і у виробничих приміщеннях повинна контролюватися не рідше за один раз в рік.

3.2 Виробнича санітарія та гігієна праці

У цьому підрозділі на основі аналізу шкідливостей і небезпек, властивих цьому виробництву, пропонуються заходи по зниженню або усуненню їх впливу на персонал.

Виробничі процеси в сталеливарному цеху супроводжуються утворенням великої кількості різного пилу і газів. Для усунення шкідливої дії їх на працюючих, населення і довкілля передбачається очищення технологічних викидів.

Для створення організованого повітрообміну, необхідного для забезпечення нормальних метеорологічних умов і видалення шкідливих речовин з виробничих приміщень пропоную використовувати вентиляцію, як природну, так і механічну.

У ряді випадків для забезпечення нормального мікроклімату в кабінах електрокранів, на постах управління використовувати кондиціоноване повітря. Його отримують за допомогою кондиціонерів, які дозволяють регулювати температуру, вологість чистоту і швидкість руху повітря.

Для захисту від теплових випромінювань передбачають теплоізоляцію поверхонь, випромінюючих теплоту; застосування екранів; теплоізоляцію і охолодження робочих місць; вентиляцію виробничого приміщення; розпилення води на робочих місцях; спецодяг і індивідуальні захисні пристосування (екрани, окуляри і тому подібне); раціональну організацію режиму праці і відпочинку; скорочення часу знаходження нагрітого металу шлаку у виробничому приміщенні.

Захист від шкідливої дії шуму досягається зниженням шуму в джерелі, раціональним плануванням виробничого приміщення, звукопоглинанням і звукоізоляцією.

Механічний шум в джерелі знижують, удосконалюючи конструкцію машини (підвищуючи точність зменшуючи проміжки і тому подібне), технологічні процеси, використовуючи незвучні матеріали, мастильні матеріали.

Зниження аеродинамічних шумів в джерелі досягається зменшенням швидкості струменя, поліпшенням аеродинамічних характеристик, трансформацією спектру шуму, використанням насадок [14].

Для зниження шуму у виробничому приміщенні широко використовують метод звукопоглинання. У основі його лежить застосування облицювання поверхонь, що захищають, матеріалом, який поглинає звук.

Усунення шкідливої дії вібрації досягається шляхом зниження вібрації в джерелі, настроєння від режиму резонансу, вібродемпфування, динамічного гасіння вібрації віброізоляції.

Зниження вібрації в джерелі досягається зміною кінематики (заміною зворотно-поступального руху обертальним), ненаголошеною взаємодією деталей, підвищенням точності виготовлення, поліпшенням урівноваженості деталей, що обертаються, заміною технологічного процесу ненаголошеним.

Електробезпека працюючих у виробничих приміщеннях досягається різноманітними технічними пристроями і організаційними заходами.

Для зниження небезпеки поразки електричним струмом передбачено:

- захист працюючих від дотику до струмопровідних частин електроустановки, обгороджуванням струмопровідних частин, розташуванням їх на висоті, застосуванням електротехнічних захисних засобів (ізоляційні, захисні, допоміжні);

- захист від переходу напруги з струмопровідних частин на знеструмлені частини з використанням різних засобів: одинарної і подвійної ізоляції, пониження напруги, контроль опору ізоляції;

- захисне заземлення;

- застосування систем блокуючих пристроїв.

Для забезпечення нормативної освітленості на робочих місцях пропонується система освітлення, тип освітлювачів і ламп, їх розміщення відповідно до ДБН В.2.5-28-2006. Необхідний рівень і якість освітлення досягається також за рахунок очищення засклених світлових прорізів в стінах і витяжних ліхтарях, світильників від пилу; своєчасної заміни джерел освітлення, які вийшли з ладу; застосуванням стабілізаторів напруги для системи штучного освітлення.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) призначені для оберігання

робітників від дії небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Робітники і службовці під час роботи зобов'язані користуватися виданими засобами індивідуального захисту тільки під час тих робіт для яких вони призначені.

Згідно з «Типовими галузевими нормами безкоштовної видачі робітникам і службовцям спеціального одягу і взуття і інших засобів індивідуального захисту» у вигляді таблиці 3.5 представлений перелік комплектації працівників ЗІЗ.

Таблиця 3.5 – Річна потреба в засобах індивідуального захисту для робочих основних професій в фасонно-сталеливарному цеху

Професія	Кількість людей за професією	Засоби індивідуального захисту	Термін носки, міс.	Кількість на рік
1	2	3	4	5
Машиніст крану (кранівник)	22	костюм бавовняний (на гарячих роботах суконний)	12	22
		черевики шкіряні	12	22
		рукавиці комбіновані	2	132
Складач стопорів	1	костюм суконний	12	1
		черевики шкіряні	12	1
		рукавиці комбіновані	1	12
		рукавички гумові	чергові	-
Пультовщик електроплавильної печі	8	черевики шкіряні	12	8
		рукавички гумов	чергові	-
		халат бавовняний	12	8
Слюсар-ремонтник	9	костюм бавовняний	12	9
		рукавиці комбіновані	2	54
		на гарячих ділянках робіт додатково: черевики шкіряні	12	9

Продовження таблиці 3.5

1	2	3	4	5
Розливальник сталі	16	куртка суконна	9	16
		брюки суконні	6	32
		чоботи кирзові або черевики шкіряні	12	16
		вачеги	25 днів	14
		капелюх повстяний	12	16
Сталевар електропечі	4	куртка суконна	6	8
		брюки суконні	6	8
		черевики шкіряні	6	8
		рукавиці азбестові	чергові	-
		фартух азбестовий	черговий	-
		капелюх повстяний	12	4
		вачеги	25 днів	14
Стропальник	2	комбінезон бавовняний	12	2
		рукавиці комбіновані	1	24
		на гарячих ділянках робіт додатково: черевики шкіряні з металевими носками	12	2

ЗІЗ повинні відповідати захисним фізіологічно-гігієнічним вимогам: бути нешкідливими, зручними і надійними, забезпечувати хорошу влаго- і повітронепроникність, зберігати свої захисні властивості після чищення. Не допускається робити заміни одних засобів індивідуального захисту іншими, якщо це знижуватиме безпеку працюючих.

3.3 Техніка безпеки

Фундаментом для формування у персоналу навичок безпечного виконання трудових обов'язків є дворівнева система інструктажів. Вона охоплює такі види: вступний, первинний безпосередньо на ділянці, а також повторний, позаплановий та цільовий (поточний). Ознайомчий етап при оформленні на роботу координує фахівець служби охорони праці підприємства, тоді як решту етапів підготовки безпосередньо на робочому місці покладено на лінійного керівника (майстра, начальника зміни).

Головне завдання вступного інструктажу полягає в базовому ознайомленні новоприбулого працівника з характером потенційних загроз та шкідливих чинників виробництва, внутрішнім режимом переміщення територією заводу та ключовими правилами протипожежної безпеки. Факт проходження цього навчання обов'язково фіксується у відповідному реєстраційному журналі або в індивідуальній картці обліку інструктажів.

Під час первинного інструктажу працівник вивчає конкретні ризики свого робочого місця, засвоює безпечні прийоми виконання операцій, знайомиться з конструкцією захисних загороджень, заходами локалізації аварійних ситуацій та засобами пожежогасіння. Обов'язковою умовою після первинного ознайомлення є стажування тривалістю від 2 до 5 змін під прямим наглядом досвідченого наставника чи бригадира. Лише після успішного завершення стажування в журналі реєстрації інструктажів на робочому місці та в індивідуальній картці робиться запис про санкціонування самостійного допуску до робіт.

Для запобігання випадковому контакту персоналу з елементами, що перебувають під напругою, впроваджують такі технічні рішення:

- встановлення захисних бар'єрів та кожухів;
- розміщення струмоведучих частин на недосяжній висоті чи у недоступних зонах;
- використання наднизьких (безпечних) величин напруги;

- інтеграція автоматичних блокувальних систем та засобів попереджувальної сигналізації;
- розділення електричних мереж за допомогою трансформаторів та застосування подвійної (посиленої) ізоляції;
- безперервний моніторинг стану ізоляційного покриття та видача індивідуальних захисних засобів.

У випадках пробою ізоляції та винесення потенціалу на металеві корпуси обладнання, які в нормальному режимі не провідні, захист забезпечується шляхом облаштування захисного заземлення, занулення або монтажу пристроїв захисного вимкнення (ПЗВ).

Мінімізація травматизму через дію рухомих вузлів і механізмів досягається за рахунок забезпечення їхньої конструктивної міцності, екранування обертових деталей захисними кожухами, використання сертифікованих чалочних і вантажопідйомних пристроїв. Також важливим є облаштування технологічних майданчиків і переходів згідно з чинними нормативами, забезпечення ергономічного та безпечного доступу до вузлів під час обслуговування, а також сигнальне фарбування зон підвищеної небезпеки для привернення уваги працівників.

Під час виконання операцій із хімічними реагентами персонал зобов'язаний використовувати спецодяг із бавовняної тканини (халати). Робота з токсичними чи агресивними середовищами вимагає додаткового застосування засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД — респіраторів, протигазів), прогумованих фартухів, стійких до хімікатів рукавиць, а також захисних окулярів чи щитків для очей та обличчя.

З міркувань безпеки в лабораторному приміщенні одночасно мають перебувати щонайменше двоє працівників. Будь-які маніпуляції з леткими, їдкими сполуками чи органічними розчинниками дозволяється виконувати виключно всередині витяжних шаф. При цьому систему місцевої витяжної вентиляції необхідно запускати не пізніше ніж за пів години до початку

хімічного процесу і зупиняти щонайменше через 30 хвилин після його повного завершення.

3.4 Пожежна профілактика

Виробничий процес в сталеливарному цеху по вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці відноситься до категорії «Б», оскільки обробці піддаються горючі гази, нижня межа вибуховості яких більше 10% до об'єму повітря; рідини з температурою спалаху вище 28^0 до 61^0С включно; рідини, нагріті в умовах виробництва до температури спалаху і вище; пальні пилу і волокна, нижня межа вибуховості яких 65 г/м^3 і менш до об'єму повітря за умови, що вказані гази, рідини і пил можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в об'ємі, що перевищує 5% об'єму приміщення.

Робочий майданчик нагрівальної печі відповідно до ПУЕ по пожежній небезпеці відноситься до категорії П-2, по вибуховій небезпеці – В-1 [15].

Будівля цеху побудована з негорючих матеріалів (природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням листових і плиткових негорючих матеріалів) і має I міру вогнестійкості.

Пожежі на ділянці можуть виникати в результаті:

- займання електроустаткування при перевантаженнях, перегріваннях і коротких замиканнях (клас пожежі – Е);
- займання паливно-мастильних матеріалів при попаданні в них іскр електричного або механічного походження, дії тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню (клас пожежі – В);
- на нагрівальній ділянці можливе займання і вибух горючих газоповітряних сумішей (клас пожежі – С).

Найбільш частими причинами пожеж служать порушення технологічного режиму, несправність електроустаткування.

У цеху постійно є присутнім розплавлений метал, горючі гази, пил, пари, тому має місце висока вибухопожеженебезпечність.

У профілактичних цілях на ділянках встановлюються щити з протипожежним інвентарем, ящики з піском і вогнегасники. Для запобігання пожежі від коротких замикань і перевантаження електропроводки встановлюються плавкі запобіжники а на електродвигунах – теплові реле. Також передбачається звукова сигналізація і зв'язок із службою пожежної охорони заводу.

Вибух або займання газоподібних або змішаних пальних речовин, сумішей настає при певному вмісті цих речовин в повітрі. Основними заходами попередження вибухів є контроль концентрації пилу. Причому температура деталей устаткування, дотичних до пилу має бути нижчою від температури займання.

Небезпека виникнення пожежі на ділянці нагрівальної печі зменшена в цеху наступними розробленими заходами: оснащенням систем управління електроустаткуванням, автоматами максимального струмового захисту і плавкими запобіжниками; обмеженням кількості горючезмащувальних матеріалів добовою потребою (інші ГЗМ зберігаються на складі, спеціально обладнаному в протипожежному відношенні); головні двигуни електроприводів оснащені системою замкнутої примусової вентиляції з очищенням повітря від щіткового пилу і охолодженням його; трансформаторні кіоски винесені за межі виробничого приміщення.

Окрім вищеперелічених заходів, застосовуються наступні заходи:

- організаційні – навчання робітників і службовців правилам пожежної безпеки, організації пожежної охорони;

- технічні – дотримання протипожежних правил і норм при облаштуванні систем опалювання, кондиціонування і т. д.;

- експлуатаційні – правильну експлуатацію систем опалювання, кондиціонування, вентиляції, блискавкозахисту при спорудженні будівель, установці устаткування.

Вірогідність поразки будівель блискавкою зменшена застосуванням системи блискавкозахисту II категорії.

У таблиці 3.6 приведені норми розрахунку первинних засобів пожежогасіння для фасонно-сталеливарного цеху.

Таблиця 3.6 – Перелік і норми необхідних первинних засобів пожежогасінні для фасонно-сталеливарного цеху

Категорія приміщення	Гранична площа, що захищається, м^2	Клас пожежі	Пінні вогнегас. ємністю 10 л (ОВП)	Порошкові вогнегасники ємністю, л			Хладонові вогнегас. ємністю 2 л	Вуглекислі вогнегас. ємністю, л	
				2	5	10		2(3)	5(8)
Б	200	В	4+	-	2+	1++	4+	-	-
		С	-	-	2+	1++	4+	-	-
		(Є)	-	-	2+	1++	-	-	2++

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід, об'єднаний з виробничим. На його мережі в приміщенні цеху (лабораторії, ділянки) встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами і відведеннями. Зовні будівлі по його периметру в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти. Для доступу на дах будівлі використовуються пожежні сходи, укріплені на стінку.

ВИСНОВКИ

В умовах фасонно-сталеливарного цеху виявлено такі основні забруднювачі атмосферного повітря:

- оксид вуглецю (CO); джерела виділення – димарі від камерних сушил; венттруби від печей сушки піску; венттруби від плавильної печі; аераційний ліхтар цеху; венттруби від пресу, столу розбирання;

- оксиди азоту (NO_x); джерела виділення – димарі від камерних сушил; венттруби від печей сушки піску; венттруби від плавильної печі; аераційний ліхтар цеху; венттруби від пресу, столу розбирання;

- сірчистий ангідрид (SO_2); джерела виділення – венттруби від плавильної печі;

- аміак (NH_3); джерела виділення – труби від аміачної шафи; венттруби від пресу, столу розбирання;

- формальдегід (CH_2O); джерела виділення – венттруби від пресу, столу розбирання;

- уайт-спіріт; джерела виділення – венттруби від пресу, столу розбирання;

- оксиди марганцю (MnO_x); джерела виділення – ділянки електродугового зварювання;

- оксид заліза (FeO); джерела виділення – печі плавлення металів; ділянки електродугового зварювання.

Виробничі процеси в фасонно-сталеливарному цеху супроводжуються утворенням великої кількості різного пилу і газів. Для усунення шкідливої дії їх на працюючих, населення і довкілля передбачається очищення технологічних викидів.

З метою зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу в даному цеху встановлені і функціонують апарати пиловловлення, такі як циклони. Циклони надійні, високопродуктивні, мають досить високий гідравлічний

опір, можуть використовуватися для очищення агресивних і високотемпературних газів і газових сумішей.

Виходячи з аналізу джерел пилогазових забруднень в цеху найбільші викиди оксиду вуглецю та неорганічної пилу в атмосферу здійснюють електросталеплавильні печі. Тому в ході роботи були запропоновані допоміжні заходи щодо скорочення викидів, що відходять від печей. До них відносяться: встановити після циклону рукавний фільтр ФРІР-100, створення зниженого тиску в печі, особливо під час плавлення і продувки – це призводить до того, що такі горючі гази як оксид вуглецю або водень, частково згорають в її просторі, а не виділяються через завалочні вікна і зазори біля електродів, які не можуть бути абсолютно ущільнені; для скорочення експлуатаційних витрат (головним чином енергетичних) найбільш перспективним напрямком є спорудження повного укриття електропечей, установка газоочисних апаратів на даху сталеплавильного цеху, регулювання продуктивності димососів, скорочення протяжності газовідвідного тракту, автоматизація устаткування, модернізація вентиляційних установок.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуто основні шкідливі та небезпечні фактори у фасонно-сталеливарномуцеху та запропоновано заходи з попередження їх негативного впливу на працівників. Для зниження впливу факторів в робочій зоні рекомендується проведення наступних заходів:

- встановлення екранів для зниження шуму на робочих місцях, використання методів звукопоглинання та звукоізоляції;

- персонал, на який впливають вібрації, забезпечити спецодягом, що знижує вплив вібрації, забезпечити сучасними інструментами роботи, які знижують дію чинника вібрації на робітника;

- застосування захисних окулярів, щитків та шоломів для захисту органів зору від механічних пошкоджень, бризок рідин і розплавленого металу;

- використання вентиляції, як природної, так і механічної для створення організованого повітрообміну, необхідного для забезпечення нормальних метеорологічних умов;

- використання кондиціонованого повітря для забезпечення нормального мікроклімату в кабінах електрокранів, на постах управління.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Ч. І. Металургійний та енергетичний комплекс : навч. посіб. Харків : НТУ «ХПІ», Лідер, 2020. 212 с.

2. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Техноекологія: Підручник. Київ : Видавничій дім «Кондор», 2017. 294 с.

3. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник за ред. К.М.Ситника. 3-тє вид., стер. Київ : Вища шк., 2005. 382с.

4. Апостолюк С.О., Джигирей В.С., Соколовський І.А. Промислова екологія: навч.посіб. Київ : Знання, 2012.430с.

5. Клименко М. О., Прищепа, А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. НУВГП, Рівне, 2023.

6. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: навч. Посібник. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне. Київ : Видавничий центр «Академія», 2011. 256 с.

7. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: підручник. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2017. 331 с.

8. Филипчук В.Л., Клименко М.О., Ткачук К.К., Проценко С.Б., Радовенчик В.М., Залеський І.І.. Промислова екологія. Рівне : НУВГП. 2013. 493 с.

9. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології : теорія та практика. навч. посібник. Київ : Лібра, 2004. 368 с.

10. Мельник Л.Г. Основи екології: екологічна економіка та управління природокористуванням. Суми : Університетська книга, 2006. с. 236-658

11. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2006. 336 с.

12. Сакун М.М., Москалюк І.В. Основи охорони праці. Навчально-методичний посібник. Херсон : «Южполиграфсервис», 2013. 67 с.

13. Зеркалов Д.В. Наукові основи охорони праці. Київ : «Основа», 2015. 934 с.

14. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.

15. Білим П.А. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 45 с.