Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Розробка пропозицій з очищення викидів промислової установки «електропіч-ковш» на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху»

Виконала: студент 4 курсу, групи 6.1833-с2

Джос Є.С.

(ПІБ) (підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Бєлоконь К.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

Джос Єлізавєта Сергіївна
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) Розробка пропозицій з очищення викидів промислової установки «електропіч-ковш» на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху

керівник роботи (проєкту) Бєлоконь Каріна Володимирівна, к.т.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) Витрата газу (V): 91,67м^3/с (або 330тис. м^3/год). Температура газу (t): 160^{o}С. Розрідження на вході: 11281 Па. Динамічна в'язкість (μ): 19,11 $\cdot$ 10^{-6} Па $\cdot$ с. Густина газу: за нормальних умов – 1,304 кг/м^3; за робочих умов – 0,731кг/м^3. Початкова запиленість ($z_п$): 4г/нм^3 . Хімічний склад пилу (% масові): оксид заліза Fe_2O_3 (93%), також присутні FeO, SiO_2, Al_2O_3,CaO (по 1,2%) та інші оксиди.

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, 15 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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	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 _____ Джос Є.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ Бєлоконь К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка пропозицій з очищення викидів промислової установки «електропіч-ковш» на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху»: 77 стор., 10 табл., 12 рис., 15 джерел.

ЕЛЕКТРОПІЧ-КОВШ (LHF), МАРТЕНІВСЬКЕ ВИРОБНИЦТВО, ПИЛОГАЗОВІ ВИКИДИ, ОКСИДИ АЗОТУ, ЕЛЕКТРОФІЛЬТР ЕГА1, ГАЗООЧИЩЕННЯ, СТУПІНЬ ОЧИЩЕННЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Мета роботи – провести аналіз впливу шкідливих викидів установки «електропіч-ковш» на навколишнє середовище та обґрунтувати технічні рішення щодо впровадження ефективної системи газоочищення для мінімізації екологічних ризиків.

У загальній частині кваліфікаційної роботи розглянуто технологічний процес виплавки сталі в мартенівських печах та її подальшої обробки на комплексі LHF-VD. Визначено, що основними джерелами забруднення є процеси нагріву металу та присадки шлакоутворюючих матеріалів. Проаналізовано хімічний склад викидів: встановлено, що пил на 93% складається з Fe_2O_3, а газова фаза містить значні концентрації оксидів азоту (36,31%), діоксиду сірки (14,0%) та оксиду вуглецю. Виявлено критичний вплив цих речовин на здоров’я людини, зокрема ризики виникнення сидерозу, патологій легень та ураження нервової системи.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи проведено порівняльний аналіз методів очищення відхідних газів. На основі техніко-економічних розрахунків обґрунтовано переваги використання електрофільтра типу ЕГА1 перед скруберами Вентурі. Детально розглянуто принцип роботи апарату, заснований на використанні коронного розряду для зарядження часток пилу та їх подальшого осадження на електродах. Розрахунковим шляхом доведено, що впровадження електрофільтра ЕГА1-40-9-6-2 забезпечує ступінь очищення 99,8–99,95%, що дозволяє знизити кінцеву запиленість до нормативних показників.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовано шкідливі виробничі фактори на дільниці позапічної обробки сталі, зокрема високе теплове випромінювання, рівень шуму до 80 дБ та значну концентрацію токсичних газів. Запропоновано комплекс заходів із виробничої санітарії та використання ЗІЗ. Визначено категорію пожежної небезпеки будівлі цеху («Г») та розроблено правила пожежної профілактики з використанням вуглекислотних вогнегасників.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА 8
1.1 Опис мартенівського виробництва 8
1.2 Теоретичні основи вакуумної обробки 13
1.3 Обробка металу на устаткуванні «електропіч-ковш» . . 18
2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА 30
2.1 Кількісний та якісний склад викидів від установки «електропіч-ковш» 30
2.2 Вплив на довкілля викидів від промислової установки «електропіч-ковш» 32
2.3 Опис технологічної схеми очистки газу 39
2.4 Опис устаткування 39
2.5 Розрахунок електрофільтру 51
3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 57
3.1 Аналіз умов праці 57
3.2 Виробнича санітарія та гігієна праці 61
3.3 Техніка безпеки 65
3.4 Пожежна профілактика 68
ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ 74
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 76

ВСТУП

Класифікація промислових виробництв за ступенем екологічної небезпеки для природного середовища ґрунтується на екологічній оцінці відходності, ресурсоємності технологій виробництва. Екологічна небезпека технологій оцінюється з трьох позицій:

- землеємкості, тобто розміру території, зайнятої власне технікою і зоною її впливу на ландшафт;
- ресурсоємності, тобто розміром вилучаються природних ресурсів;
- відходності, обумовленою матеріальним потоком техногенних речовин в природу, який оцінюється кількістю приходить речовини в одиницях об'єму.

Промислове виробництво побудоване на відхідній технології. Отримання кінцевого продукту за допомогою різних технологій і його нераціональне використання призводить до того, що з 100% основного продукту близько 90%, а іноді і більше викидається людиною у відходи, які не можуть потім з'явитися сировиною для природних циклів. Це призводить до накопичення на поверхні Землі інертних (незасвоюємих) або шкідливих матеріалів.

В навколишнє середовище викидається безліч хімічних речовин, деякі з них не зустрічаються в природі і є штучно-синтезованими людиною речовинами, часто ненавмисно. Багато речовин, такі як, наприклад діоксини, з'явилися ненавмисно в результаті хімічної реакції в технологічному процесі.

Шкідливі впливи на організм можна розділити на кілька груп за їх ефектами. Це токсини (отруйні речовини), канцерогени (викликають онкологічні захворювання), мутагени (викликають мутації) і тератогени (викликають потворність).

Викиди в атмосферу діляться на організовані (надходять через труби і аспіраційні установки) і неорганізовані (не потрапили в систему пилогазоуловлювання і виділяються допоміжними технологічними

переділами: ділянками подрібнення, транспортування, складування матеріалів і технологічними отворами агрегатів).

За рахунок викидів в атмосферу відбувається збагачення металами як атмосфери, так і атмосферних опадів. Так, частка «мокрих» випадінь свинцю на земну поверхню може досягати 92% загального обсягу. До 80% металів може розчинятися у воді, і представляють серйозну небезпеку для грунтів, рослин, будівель і споруд.

Концентрація мікроелементів в атмосфері промислових міст перевищує фонову в 2-40 разів, а біля потужних джерел викидів може збільшуватися в десятки і сотні разів, досягаючи 3-200 ГДК. Значна частина мікроелементів інтенсивно концентрується в промисловому пилу.

Хімічний склад пилу і газів у чорній металургії наступний: пил на 50-70% складається із заліза та його сполук, на 1-20% із з'єднань кальцію і магнію, містить алюміній, калій, титан у вигляді оксидів, сульфідів, карбонатів, фосфатів і силікатів. Так пил агломераційного, мартенівського і доменного цехів лише на 0,3-0,9% складається з окислів марганцю. А викиди мартенівського цеху містять до 0,6% Cr_2O_3 і до 2% ZnO, частка інших мікроелементів значно нижче [1].

Позапічна обробка сталі почала активно застосовуватися в 60-х роках, головним чином для підвищення продуктивності дугових сталеплавильних печей, мартенів і конвертерів, дозволяючи винести частину процесів рафінування з цих агрегатів у ківш. Проте вже початок впровадження сучасних процесів позапічної обробки показав, що вони дозволяють істотно поліпшити якість сталі. Процеси позапічної обробки також супроводжуються великою кількістю пилогазових викидів, тому метою кваліфікаційної роботи було проаналізувати вплив на довкілля викидів промислової установки «електропіч-ковш» мартенівського виробництва та розробити пропозиції з очищення викидів на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис мартенівського виробництва

Виплавку сталі проводять в мартенівських печах. Для виплавки сталі, що підлягає обробці на комплексі LHF-VD, переважно використовувати мартенівські печі, обладнані хитними жолобами. Для прийому плавки призначають ковші з футеровкой, розігрітою до 800-1000 °С перед установкою їх під жолоб печі. При випуску плавки з печі, обладнаної хитним жолобом, вживають заходів із запобігання потрапляння пічного шлаку в один ковш і, таким чином, весь шлак перепускають через другий ковш. Шихтовка плавки, її ведення, регулювання розподілу металу за ковшів повинні забезпечувати висоту вільного борту в ковші, що підлягає обробці на вакууматорі (від рівня металу до обичайки ковша) не менше 750мм. Потім обидва ковша послідовно проходять обробку на LHF і VD. Температура металу перед випуском з мартена повинна бути в межах 1615-1625°С. Дозволяється випускати плавку з більш високою температурою, якщо при цьому забезпечується необхідний вміст фосфору в металі [1].

У виплавленого металу, який передається для обробки на комплексі LHF-VD, повинно бути забезпечено вміст елементів в межах марочного складу для всіх марок сталі, за винятком масової частки сірки. Вміст сірки для виробництва низькосірчистих марок сталі повинно бути не вище 0,025%. Рекомендується мати зміст елементів не вище середнього значення по марці, а масову частку фосфору - нижче верхньої межі не менше, ніж 0,005%. У транспортному металі дозволяється зменшення масової частки елементів від величин, що характеризують нижня межа по марці: для вуглецю - 0,03; для марганцю - 0,1; для кремнію 0,05%.

В якості пробовідбірників для відбору проб рідкого металу використовуються вакуумні кварцові піпетки з внутрішнім діаметром 3.5-4.0 мм. Визначення вмісту водню здійснюється за допомогою приладів фірми

LECO (RH402) (TL-436), а вміст кисню й азоту на приладах TL-436 тієї ж фірми. Відбір проб для визначення хімічного складу стали виробляються пробовідбірниками типу ПМ і ПМР або аналогічного типу фірми Electro-Nite. Замір температури рідкого металу здійснюється за допомогою термоблоків ТПР за ГОСТ 3044-08 або аналогічних фірми Electro-Nite.

Після випуску металу з мартенівської печі перший ківш подається на установку «електропіч-ковш». Другий ковш подається до МСШ, ця операція необхідна для того, щоб речовини,які містяться в шлаку і погіршують якість сталі не відновилися при нагріванні назад у метал.

Злив шлаку виробляється в шлакову чашу, встановлену на стенді під скребком машини. Щоб уникнути виплеску шлаку та металу забороняється проводити прорив кірки надмірним нахилом ковша. Для початку скачування шлаку за допомогою МСШ, ковш необхідно злегка нахилити, а стрілу МСШ підняти на таку висоту, щоб скребок прийшов в зіткнення з шлаком посередині ковша. Потім для розламування кірки скребок переміщається до подальшого борту ковша. Після пробиття кірки посередині ковша її обламують скребком, розширюючи зону зламаного шлаку. Потім починається згрібання шлаку шляхом переміщення скребка "на себе".

Великі коржі шлаку спочатку розбиваються на частини послідовним опусканням на них скребка в різних місцях. Потім шматки видаляються, починаючи з ближнього борту ковша. У міру видалення шлаку необхідно поєднувати операції переміщення стріли скребка, повороту машини і нахилу ковша. Не рекомендується видаляти шар шлаку, налиплого на скребок після кожної операції завантажування, тому що він захищає скребок від розпалу при його зануренні в метал. Після закінчення операції скачування шлаку слід очистити передній край обичайки ковша від налиплого шлаку. При зносі скребка його слід замінити для того, щоб стріла МСШ при згрібанні шлаку не переміщалася по футеровці ковша. Після скачування шлаку ковш надходить на установку «електропіч-ковш» [2].

Установка «електропіч-ковш» призначена як для підготовки металу до виконання операції вакуумування, так і для підігріву металу, коригування його хімічного складу і додаткового легування без подальшого вакуумування.

Ковш встановлюється на сталевоз, який знаходиться поза печі. Аргонопровід підключається до продувного блоку ковша. Для того, щоб забезпечити нормальне опускання кришки LHF проводиться видалення охолодей з обичайки ковша. Проводиться подача аргону і візуально контролюється наявність витрати. У разі бурхливого перемішування витрата аргону скорочується. При піднятих електродах і кришці LHF ковш передається сталевозом на робоче місце, де він автоматично центрується щодо електродів. Передачу ковша на робоче місце LHF виробляє сталевар з центрального поста управління під наглядом майстра. Після установки ковша сталевар зобов'язаний перевірити центрування ковша і опустити кришку LHF на ківш. На робочому місці LHF встановлюється робочий витрата аргону. Відповідальний за вищевикладені операції майстер УВОС. Якщо стан шлаку, продувного пристрою або інші причини не дозволяють встановити робочий витрата аргону до включення печі, необхідно провести короткочасне включення печі (3-5 хв.) Для розплавлення шлакової кірки, після чого перевірити наявність витрати аргону.

Всі операції на установці «піч-ковш» виробляються при обов'язковому перемішуванні розплаву аргоном з метою зменшення перегріву поверхневих шарів металу і, як наслідок цього, для зниження зносу футеровки у верхній частині ковша. Через 3-5 хвилин після продувки металу аргоном проводиться вимірювання температури і відбір проби розплаву для визначення хімічного складу сталі. Після відбору проб і виміру температури металу майстер установки вибирає робочий витрата аргону (50-250 л/хв), режими нагріву плавки і присадок шлакообразуючих. Після отримання результатів аналізу металу встановлюється режим його коригування. При відсутності витрати аргону майстер і сталевар із залученням чергових фахівців відповідних

служб зобов'язані виявити і усунути причини. У разі зниження температури металу до 1545 °С і неможливості організувати подачу аргону, ківш необхідно передати на розливання або перелити метал в інший ківш для подальшої обробки на комплексі LHF-VD.

Щоб уникнути підвищеного зносу футеровки шлакового пояса не рекомендується працювати на підвищених щаблях напруги (понад 6) при малих витратах аргону. У той же час необхідно стежити за поведінкою електродів і уникати витрат аргону, при яких спостерігається нестабільна робота електродів і постійні значні їх переміщення. Не слід працювати на низьких щаблях напруги (до 4) при великих витратах аргону (більше 150 л/хв), так як в цьому випадку втрати тепла з оголеного металу можуть перевищувати надходження його від дуг. Включення печі та автоматичне керування електричним режимом здійснюється з центрального поста управління в автоматичному режимі з використанням відповідної "маски". Вибір маски виробляє сталевар за вказівкою майстра. Нагрівання металу на LHF слід починати з більш низьких ступенів напруги (не вище 4) і переходити до більш високих щаблях після утворення досить рідиннорухомого шлаку, при якому стабілізується робота електродів, і хід печі стане більш рівним. Для зменшення випромінювання на футеровку, теплових втрат від дуги та надмірного підвищення зносу футеровки рекомендується працювати в режимі "короткої дуги".

Для зменшення теплових втрат металу, а також для цілей десульфурації металу на LHF проводиться наводка шлаку з використанням шлакообразующих CaO-CaF_2-Al_2O_3 - вмістких матеріалів, що подаються в суміші або окремо. Загальну витрату вапна для утворення шлаку на LHF необхідно мати у межах 4-12 кг/т сталі в залежності від необхідного ступеня десульфурації. Величину порції (від 50 до 250 кг) визначає майстер або сталевар на основі спостережень за ходом процесу. Величина присадок плавикового шпату повинна знаходитися в межах 10-20% від маси присадки вапна. Величина присадок Al_2O_3 - вмісткого матеріалу при масовій частці

Al_2O_3 в ньому не менше 60% має бути в межах 30-40% від маси вапна. Дозволяється спільно використовувати плавиковий шпат та Al_2O_3 - з урахуванням зазначених пропорцій. Присадки вапна повинні бути закінчені не пізніше, ніж за 5 хв. до розрахункового моменту закінчення нагрівання.

Після отримання результатів хімскладу металу першої проби на екрані дисплея майстер установки визначає необхідність коригування хімскладу і режим її виконання.

Коригування хімскладу сталі, що підлягає вакуумуванню, повинна бути виконана з урахуванням забезпечення наступних параметрів хімскладу металу перед вакууматором: максимальний вміст вуглецю має бути нижче 0,02% верхнього межі по марці; максимальний вміст кремнію повинна бути нижче 0,05% верхньої межі по марці; максимальний вміст сірки, що підлягає видаленню у вакууматорі - 0,005% [3].

Відповідальні за забезпечення зазначених параметрів - майстер і сталевар УВОС.

При виконанні коригування хімічного складу металу на LHF слід керуватися наступним порядком введення легуючих елементів: марганець - вуглець - кремній - алюміній - ванадій - титан. Елементи мають різне засвоєння,яке показано у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Засвоєння елементів

Хімічні елементи	Засвоєння елементів, %
кремній	80-90
марганець	95-100
вуглець	50-60
титан	65-70
ванадій	90-95

Коригування хімічного складу виконується при досить рідиннокиплячому шлаку, підвищеній витраті аргону, а по вуглецю - і при відключеній печі (протягом 2-3 хв.). При відсутності аргону на продувку забороняється присадка феросплавів. При забезпеченні хімскладу металу у вказаних межах показанням до закінчення процесу є досягнення заданої температури. Запас тепла при цьому повинен забезпечувати:

- теплові втрати в процесі набору вакууму і вакуумування металу при глибокому вакуумі не менше 15 хвилин. Температура металу повинна бути не менше 1600 °С;
- додаткові теплові втрати, пов'язані з коригуванням хімскладу металу за легіруючими елементами на вакууматорі (марганець, ванадій).

При досягненні заданих параметрів проводиться відбір проби металу на хіманаліз. Після відбору проб і виміру температури проводиться підйом електродів у верхнє положення, піднімається кришка LHF, сталевозний візок переміщається з-під печі в зону дії сталерозливного крана. Проводиться від'єднання аргонопроводів. Ковш краном передається до камери вакууматора.

Під час нагрівання першого ковша на установці «електропіч-ковш»з другого ковша скачують шлак, утеплюють спеціальною сумішшю «Лузар» і ставлять на стенд у печі. Після того, як перший ковш надходить до вакууматору, другий ковш ставлять для нагріву на установці «електропіч-ковш» [3].

1.3 Теоретичні основи вакуумної обробки

У процесі вакуумування створюються сприятливі умови для глибокої десульфурації металу. Для ефективної десульфурації у процесі вакуумування добре розкисленного металу (активність кисню перед вакуумуванням не більше 3,5 ppm) необхідно здійснити:

- наведення або підтримання складу шлаку з максимальною сульфідної ємністю і достатньо жидкоподвижного (CaO - 50-55%, $A1_2O_3$ - 25-35%, FeO не більше 1,5%);

- організацію інтенсивного перемішування металу і шлаку.

В основному формування шлаку потрібного для десульфурації складу проводиться на стадії випуску металу.

Під час вакуумування в результаті протікання процесів дорозкислення металу і шлаку, відновлення алюмінієм оксидів кремнію з шлаку, зносу футеровки походить розведення шлаку і зниження складу CaO зі збільшенням кількості окси дів алюмінію і магнію.

Тому для збереження оптимального для десульфурації складу шлаку необхідна добавка вапна (2-2,5 кг/т) для компенсації виникаючих оксидів алюмінію і потрапляючих з футеровки оксидів магнію.

Металургійні реакції базують на законах термодинаміки та кінетики. Закони хімічної рівноваги визначають досяжні кінцеві стани.

Взаємозв'язок між реакціями, залежними від тиску, на які впливає вакуум, описують нижченаведені рівняння (дійсні при 1600 °C):

- зниження водню

$$[H] = \frac{1}{2}\{H_2\} = 0{,}0025 \cdot \left(P_{H_2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (1.1)$$

- зниження азоту

$$[N] = \frac{1}{2}\{N_2\} = 0{,}0450 \cdot \left(P_{N_2}\right)^{\frac{1}{2}} \qquad (1.2)$$

- зневуглецювання або десульфурація

$$[C] \times [O] = \{CO\} = 0{,}0020 * P_{CO} \qquad (1.3)$$

З цього випливає, що при зниженому тиску досяжні більш низькі кінцеві змісту, ніж при атмосферному тиску.

Що стосується послідовності цих реакцій, то в більшості випадків діють кілька механізмів одночасно:

- перехід з плавки на поверхні ванни у вакуум;
- винесення інертним газом;
- гомогенне або гетерогенне утворення ядер.

У великих промислових дегазаційних установках для швидкості реакції мають значення перші два механізми.

Законом часу для вакуумної обробки і продувки інертним газом, якщо реакція управляється дифузією є:

$$dc/dt = -K \cdot (F/V) \cdot (c - c_{Gl}) \qquad (1.4)$$

де К – коефіцієнт перехода речовини;

F – поверхня обміну речовин;

F/V – геометрія ванни;

c-c_{Gl} - рушійна сила реакції.

В іншому випадку, коли як для азоту треба приймати реакцію межі фаз як визначальний чинник швидкості,формула має вигляд:

$$2[N] = 2\{N_2\} \qquad (1.5)$$

$$dc/dt = -K \cdot (F/V) \cdot (c^2 - c_{Gl}{}^2) \qquad (1.6)$$

Час, необхідний для отримання термодинамічно обгрунтованого змісту рівноваги визначається:

- коефіцієнтом К переходу речовини, що залежать від реакційного механізму, температури і умов газового потоку;

- поверхнею F обміну речовин або геометрією ванни F/V;

- рушійною силою реакції ,тобто різницею з наявної концентрації газу і концентрацією рівноваги, відповідної наявного тиску.

При цьому слід враховувати, що впливають величини К, F, с і c_{Gl} постійно змінюються протягом вакуумної обробки. Поліпшення вакуумного процесу можна досягати шляхом збільшення поверхні обміну речовин усередині плавки, тобто шляхом створення підвищеного числа дрібних бульбашок [4].

Збільшення кількості інертного газу, а також турбулентні потоки сприяють цьому. Зміна геометрії ванни з метою підвищення реакційної швидкості у заданої установки майже неможливо.

Для використання закону часу для процесів у вакуумній камері треба знати вищеназвані змінні, які в свою чергу залежать від безлічі факторів.

Тому що відповідні параметри відомі тільки частково, на виробничій практиці використовують спрощену форму. Змінні величини К, F і V збирають в постійну вакуумування К ', так що можна описувати процес вакуумування наступним експоненціальним рівнянням:

$$c_t = (c_0 - c_{Gl}) \cdot \exp(-K' \cdot t) + c_{Gl} \qquad (1.7)$$

або

$$c_t = c_0 \cdot \exp(-K' \cdot t) \qquad (1.8)$$

Коефіцієнт К' включає всі фактори, що мають значення для вакуумування. У строгому сенсі цей коефіцієнт має силу тільки тоді, коли параметри постійні. Так це навіть при стандартизованому режимі роботи не має місце, неминучі відхилення від бажаного кінцевого металургійного результату. Більш тісний і безпосередній взаємозв'язок між технологічними

параметрами і результатом обробки досягається, якщо враховувати центральне значення процесів циркуляції матеріалів у ковші.

Для цього спершу необхідно визначати кількість роботи, виконаної вдуваємим через пористі пробки інертним газом.

Рівняння для роботи перемішування em, відоме під назвою формула Зундберга, описує цей взаємозв'язок наступним чином:

$$e_m = \left[(0{,}371 \cdot Q \cdot T_S)/M\right] \cdot \left[(1 - T_0/T_S) + \ln(1 + \delta \cdot g \cdot H/p)\right] \qquad (1.9)$$

де em - робота перемішування;

Q - кількість інертного газу;

T_0 - температура навколишнього середовища;

T_S - температура металу;

M - маса плавки в ковші;

δ - питома вага рідкого металу;

g - прискорення вільного падіння;

H - висота ванни;

p - тиск у камері.

Разом з таким чином обчислювальною інтенсивністю продування для процесів перемішування грає вирішальну роль геометрія ковша. Взаємозв'язок цих двох величин випливає з часу перемішування tm. Емпіричні дослідження дали нижченаведену кореляцію:

$$t_m = 26{,}2 \cdot \left[\left(H^2 \cdot D^4\right)/\left(d^4 \cdot e_m\right)\right]^{0{,}337} \qquad (1.10)$$

де D - діаметр ванни;

d - діаметр конуса бульбашок на поверхні ванни.

Час перемішування - це час, необхідний для досягнення залишкової різниці концентрації в розмірі 5%.

Для одержання прямої кореляції з часу перемішування і часу обробки визначають число циркуляції U:

$$U=\text{час обробки}/t_m \qquad (1.11)$$

В якості металургійної мети доцільно використовувати відсоткове зменшення початкової концентрації [H] або [N] [5].

1.3 Обробка металу на устаткуванні «електропіч-ковш»

Основні присаджувальні матеріали і вимоги до них:

1. Легуючі, розкислювачі і навуглецьовуватели: феросиліцій марки ФС65; феромарганець ФМн55; ферросилікомарганець МНС 17; феротитан марок ФТі30; силікокальцій марок СК30, СК15; феровanадій марок ФВо40У 0,5 або ФВо50У 0,3 за ГОСТ 27130-94; феррохром марок ФХ100А/Б/, Фх200 А/Б/, ФГ 800/А/Б за ГОСТ4757-91;- ферромолібден марок ФМо50, ФМо55 за ГОСТ 4759-91;- феробор за ГОСТ 14848-91; порошкоподібний дріт з силікокальцієм марки СК30 в якості наповнювача; катанка з алюмінію; бій електродний подрібнений (фракцією 3-20 мм); електроди графітові.

Кускові розкислювачі повинні мати фракцію 5-50 мм.

2. Шлакоутворювальні матеріали:

- вапно металургійне свіжовипалене марки ІС-2;

- концентрат плавікошпатний, металургійний, кусковий марки ФК-85. Дозволяється використовувати інші CaF_2 - містять матеріали з масовою часткою SiO_2 не більше 15%;

- щебінь високоглиноземистих матеріалів із вмістом Al_2O_3 не менше 60%.

Розмір кусків шлакоутворювальних матеріалів повинен бути в межах 5-50 мм. Всі матеріали повинні бути повітряно сухими. Рекомендоване значення температури металу перед випуском з печі - не нижче 1630 °С.

При випуску плавки повинно забезпечуватися необхідний вміст фосфору в металі з урахуванням обробки на УВОС. У металі, який передається для обробки на комплексі «піч-ковш - вакууматор», має бути забезпечено вміст елементів в межах марочного складу, за винятком масової частки сірки. Вміст сірки в металі для виробництва коліс за зарубіжними стандартами рекомендується не вище 0,025%. Рекомендується мати зміст елементів не вище середнього значення по марці, а масову частку фосфору - нижче верхньої межі не менш ніж на 0,007%.

У транспортному металі перед обробкою на печі-ковші дозволяється зниження масової частки елементів менше нижньої межі для вуглецю - на 0,03%; для марганцю - на 0,10%, для кремнію - на 0,05%.

Інші відхилення в бік більш низьких змістів вуглецю, марганцю і кремнію в металі перед їх обробкою на вакууматорі є невідповідністю технології виплавки сталі в мартенівської печі [5].

Позапічна обробка сталі почала активно застосовуватися в 60-х роках, головним чином для підвищення продуктивності дугових сталеплавильних печей, мартенів і конвертерів, дозволяючи винести частину процесів рафінування з цих агрегатів у ківш. Проте вже початок впровадження сучасних процесів позапічної обробки показало, що вони дозволяють істотно поліпшити якість сталі. Позапічної обробкою виявилося можливим не тільки істотно поліпшити якість сталі (механічні властивості, корозійну стійкість, електротехнічні показники та ін.), але й одержати сталь із принципово новими властивостями, наприклад сталь з вільними міжвузлями, що містить <0,003% С і <0,004% N і не має межі текучості, тобто здатну працювати до межі міцності. У первинних сталеплавильних агрегатах таку сталь отримувати практично неможливо.

Підвищення якості сталі призвело до зростання працездатності машин і конструкцій при зменшенні їх маси. Іншим важливим фактором, який забезпечив цей результат, з'явилася можливість гарантовано отримувати сталь з вузькими межами складу елементів. Це дозволило зменшити коефіцієнт запасу міцності, який враховується при проектуванні, зі звичайних 1,5 - 3,0 до 1,2 - 1,4, тобто приблизно в два рази при збереженні високої якості сталі, її однорідності, низький вміст включень. Відповідно зменшені маси машин і конструкцій, їх габарити, вартість транспортування. За минулий час технологія вакуумної обробки металу ще більше розширила свою область застосування.

В даний час вакуумна обробка металу вирішує наступні задачі:

- зниження вмісту водню (<1,5 ppm);

- зниження вмісту азоту (до 50% початкового змісту);

- вакуумне зневуглецювання металу до ультранизької концентрації вуглецю (<0,0015%);

- вакуумне розкислення металу;

- сепарація включень;

- глибока десульфурация металу (<0,002% S).

Додатково при цьому проводять такі заходи:

- легування і гомогенізація;

- виключення вторинного окислення.

Водень мало розчинний у залізі при низьких температурах і володіє високою дифузійною здатністю, що призводить до виникнення значних внутрішніх напружень в металі в місцях його скупчень (мікропори). При вмісті близько 4,4-9 ppm він знижує пластичні властивості і може створювати локальні напруги, що призводять до порушення суцільності металу. Водень також є причиною утворення флокенів у прокатці та поковках при змісті вуглецю 0,25-0,30%, а також у легованих сталей перлітного-мартенситного класу. Основним джерелом надходження водню в метал є феросплави і тверда шлакообразуюча суміш ($CaO + CaF_2$), що використовується для

десульфурації у процесі випуску. Вміст водню перед вакуумуванням в залежності від витрати шлакообразуючої суміші та феросплавів складає від 3,4 до 5,9 ppm. Кінцевий вміст водню при вакуумуванні залежить значною мірою від наступних факторів:

- глибини створюваного вакууму (для протікання реакції необхідно розрідження близько 0,2 кПа);

- тривалості вакуумування при мінімальному тиску;

- інтенсивності перемішування металу аргоном;

- досить розвиненою поверхнею контакту метал-газова фаза, тобто наявності мінімальної кількості шлаку в ковші.

При вмісті водню менше 1,5ppm по всьому перетину злитка сталь стає нечутливою до утворення флокенів та інших дефектів навіть після охолодження на повітрі.

Азот впливає на властивості сталі двояко. З одного боку, він є легуючим елементом у ряді аустенітних сталей, а з іншого - його присутність у вуглецевих і легованих сталях призводить до підвищення холодноламкості, деформаційного старіння і зниження пластичних властивостей. У зв'язку з цим проблема усунення шкідливого впливу азоту на фізико-хімічні властивості сталі залишалася до появи процесу вакуумування.

Для видалення азоту під вакуумом необхідно:

- забезпечити мінімально можливий вміст сірки перед вакуумуванням ($\leq 0{,}005\%$);

- глибоко розкислювати метал і шлак (утримання Al перед вакуумуванням повинно бути на 0,02-0,03% вище необхідного в сталі);

- обробку металу під вакуумом проводити при тиску менше 0,13 кПа; при цьому витрата аргону повинен становити 3,9 - 4,5 л/(т×хв).

Серед безлічі існуючих технологій вакуумування (DH, RH, RH (OB), VD, VOD) технологія вакуумної обробки металу у вакуумній камері (VD) отримала особливе значення, тому що тільки ця технологія забезпечує виконання двох вимог однією операцією, а саме дегазація і десульфурація

металу. При цьому десульфурація відбувається через інтенсивного обміну речовин у системі «метал-шлак», паралельно з власною вакуумної обробкою.

Вирішальні достоїнства цієї системи вакуумної обробки у порівнянні з іншими, більш компактної конструкції, викликані більш низькими капіталовкладеннями і невеликими експлуатаційними витратами під час простоїв. Технологія VD характеризується тим, що ковші і відповідно весь розплавлений метал перебувають при роботі в вакуумі (тільки пізніше розроблена технологія VOD працює за тим самим принципом).

Установка «електропіч-ковш» представляє собою електродугову піч, потужність якої погоджена з технологією, причому металоприйомник в печі замінений ковшем. Установка «електропіч-ковш» виготовляється в різних варіантах, пристосованих до різних місцевих умов концепції сталеплавильного заводу:

- з поворотним порталом - ковш вставляється за допомогою крана в нерухомі стійки для ковша;
- з нерухомим порталом - ковш пересувається під портал з допомогою візка ковша;
- комбіновані.

Пропонується установка «електропіч-ковш» з нерухомим порталом.

Електродугова установка має таке основне обладнання:

- трьохфазний трансформатор потужністю 14,4 МВ×А;
- пристрій для затиску і механізм переміщення електродів діаметром 400-450 мм;
- водоохолоджувальну кришку з механізмом підйому і опускання;
- сталевоз для подачі ковша під установку;
- гідравлічне обладнання;
- зонд для виміру температури металу в ковші (термопара типу ПР (В));
- систему підведення аргону до вузла продувки;

- автоматичну систему управління електродами і електричним режимом з центрального поста управління;

- систему подачі матеріалів у піч з видаткових бункерів, спільних для «електропечі-ковша» і вакууматора;

- стенд для зберігання електродів;

- центральний пост управління;

- місцеві пульти управління основними вузлами і механізмами установки;

- трайбаппарат для введення дроту.

Трансформатор оснащений теплообмінником «масло/вода». Перед теплообмінником і за ним в контурі циркуляції води вбудований по одному запірному клапану. У лінії подачі за запірним клапаном вимірюються тиск і температура на вході, і результати вимірювання передаються на пост управління печі. У разі недосягнення попередньо встановленого мінімального тиску в лінії подачі або перевищення попередньо встановленої максимальної температури в прямому трубопроводі, в пункті управління лунає акустичний аварійний сигнал.

Виміряні значення можуть відраховувати з екрана (маска «Контроль охолоджуючої води»). Індикація тиску також відбувається у теплообмінника. У разі потреби можлива роздруківка всіх виміряних значень.

У дренажній лінії вимірюються витрата і температура на виході, і результати вимірювань передаються на пост управління печі. У разі недосягнення попередньо встановленого мінімального витрати або перевищення попередньо встановленої максимальної температури в зливній лінії, в пункті управління лунає акустичний аварійний сигнал. У разі потреби можлива роздруківка всіх виміряних значень. Якщо температура в зливний лінії далі піднімається, то при перевищенні другої точки перемикання піч вимикається. Сталеплавильний ковш має наступні характеристики,які приведені у таблиці 1.3 [6].

Таблиця 1.2 – Характеристика трансформатора

Активна потужність, МВ*А	14,4
Частота, Гц	50
Первинна напруга, кВ	35
Максимальний вторинний струм, кА	31,4
Діапазон вторинної напруги, В	319,7-150,1
Кількість ступенів напруги	10
Кількість ступенів напруги з постійною потужністю	4
Тип перемикача ступенів	під навантаженням
Виходи трансформатора	з внутрішнім монтажем
Охолодження	1 охолоджувач
Тип теплообмінника	масло/вода
Вага трансформатора, кг	37000
Вага масла,кг	11700
Кількість охолоджуючої води, $м^3$/год.	25
Різниця температур на вході і на виході,°С	<15
Різниця тиску на вході і на виході, МПа	<0,20
Тиск у вхідного розподілювача, МПа	0,5<P<0,6
Температура на вході, °С	<40

Таблиця 1.3 Технічні характеристики ковша

Висота ковша,м	4,1
Товщина днища металевого кожуха,мм	28
Товщина металевого кожуха з боків,мм	20
Загальна ємність ковша,$м^3$	17,7
Номінальна ємність ковша,$м^3$	16,46
Об’єм рідкого шлаку,$м^3$	1,24
Вага метала при нормальному наповненні (γ=7 т/ $м^3$), т	115,22

Вага шлаку при нормальному наповненні (γ=3,5 т/ м^3), т	4,34
Вага матеріальної частини ковша,т	19,18
Вага футеровки ковша з вогнетривами шиберних пристроїв, т	18,9
Вага футеровки ковша,т	55,8
Вага нормального навантаженого ковша, т	157,64

На рисунку 1.1 представлена схема промислової установки «електропіч - ковш».

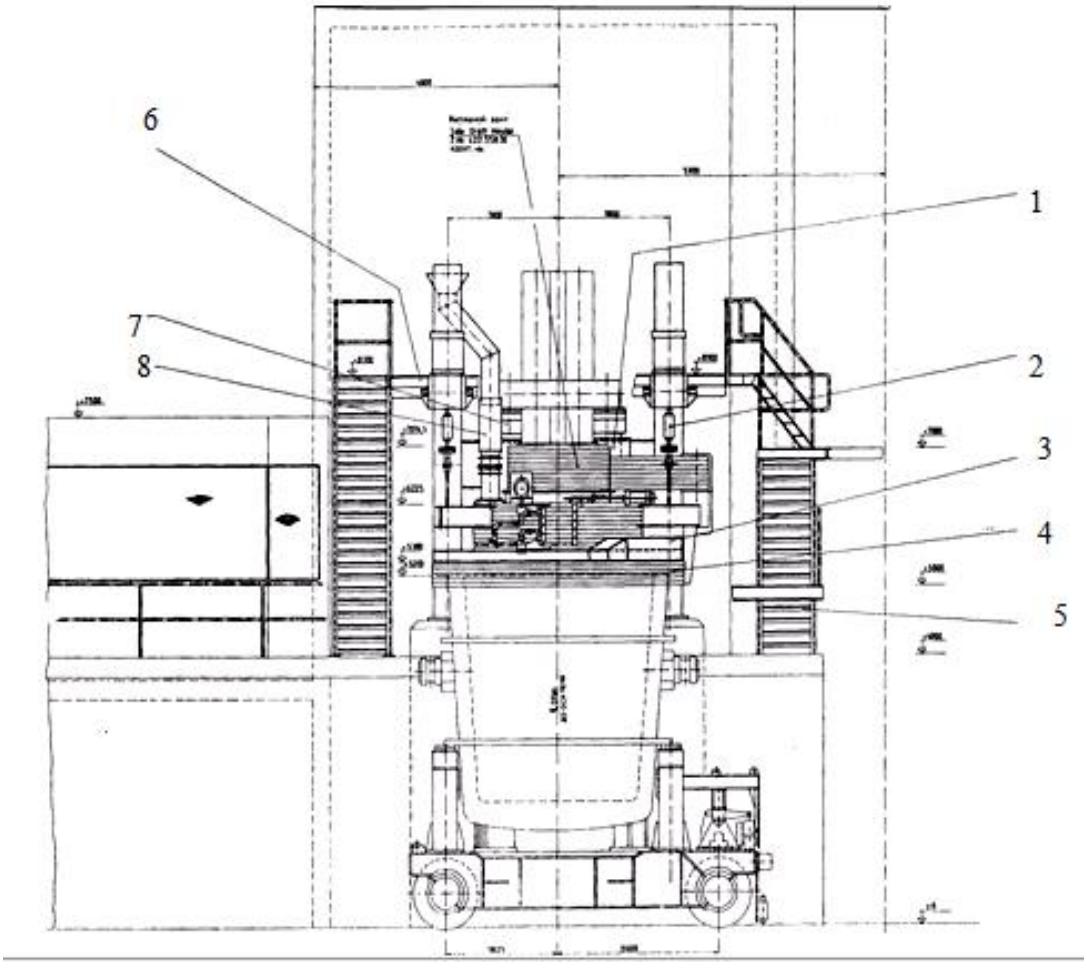


Рисунок 1.1 – Схема установки «електропіч-ковш»: 1- теплоізоляція; 2- механізм підйому кришки; 3 - відсос ущільнюючого кільця; 4 – кришка ковша; 5 - майданчики і сходи; 6 – майданчик до кронштейну портала; 7 – кріплення електродотримача; 8 – завантажувальна труба

Зовнішні елементи сталеплавильного ковша:

1. Кільця жорсткості.

2. Цапфи (діаметр 400 мм). Служать для переміщення ковша краном.

3. Кантувальний пристрій. Слугує для перевертання в шлакову чашу шлаку і для вивертання футеровки при ремонті.

4. Лапи (3 штуки). Одна центральна і дві з боків. Слугують для постановки ковша.

5. Носок – слугує для стікання шлаку.

6. Шиберні затвори.

7. Постановочне місце ковша на стенд.

8. Гідроциліндр.

Футеровка сталеплавильного ковша.

Днище ковша за винятком випускних отворів і продувного блоку заливається шаром АССБ-120 (алюмосилікатний самотвердіючий бетон) товщиною 150мм. Цей шар ще називають вирівнюючим. Витяг заливки без сушіння 48 годин. З боків кожуха укладається азбестовий шар ізоляції товщиною 20мм. Далі лягають підробочі шамотні гнізда ШГ32 № 2. Потім укладається підробоча футеровка. Викладається підробоче дно з цегли ШКУ39 № 38 (шамотна цегла ущільнений, число 39 показує відсотковий вміст AL_2O_3, № 38 - номер виробу) товщиною 65мм. З боків ковша підробоча футеровка викладається двома видами цегли: шлакова зона (1150 мм від верхнього краю ковша) викладається з цегли ПХС-1 (переклазо-хромітових цегла розміром 65х115х230 мм), товщиною 65мм; нижче шлакової зони підробоча футеровка викладається з шамотної цегли марки ША-5 тих же розмірів, що і цегла ПХС-1.

Кладка підробочої футеровки робиться на розчині піску. Підробочої футеровка сушиться на протязі 2-3 годин. Після цього лягають робочі гнізда марки МКГ72 № 1 (муліто-корундові, число 72 показує процентний вміст Al_2O_3). Робоче дно вкладається з цегли LIUBX10K25/0 (періклазова цегла виробництва словацької фірми LOVEN1T розміром 150х100х250 мм). З боків

ковша робоча футеровка викладається двома видами цегли: шлакова зона (1150 мм від верхнього краю ковша) викладається з цегли LIUBX15AK15/20 розміром 150х100х250 мм, товщиною 150мм; нижче шлакової зони робоча футеровка викладається з цегли марки LIUB10K15/20 тих же розмірів, що і цегла LIUBX15AK15/20.

Простір між дном і гніздами, а також між днищем та продувних блоком забивається масою FC22X. Продування аргоном здійснюється через продувний блок Урстар фірми Райгер Дідієр. У пробці у вигляді зірки знаходяться щілини (від 12 до 24 щілин) довжиною 60мм і товщиною 0,1-0,125 мм [4]/

Схема футеровки ковша наведена на рис. 1.2.

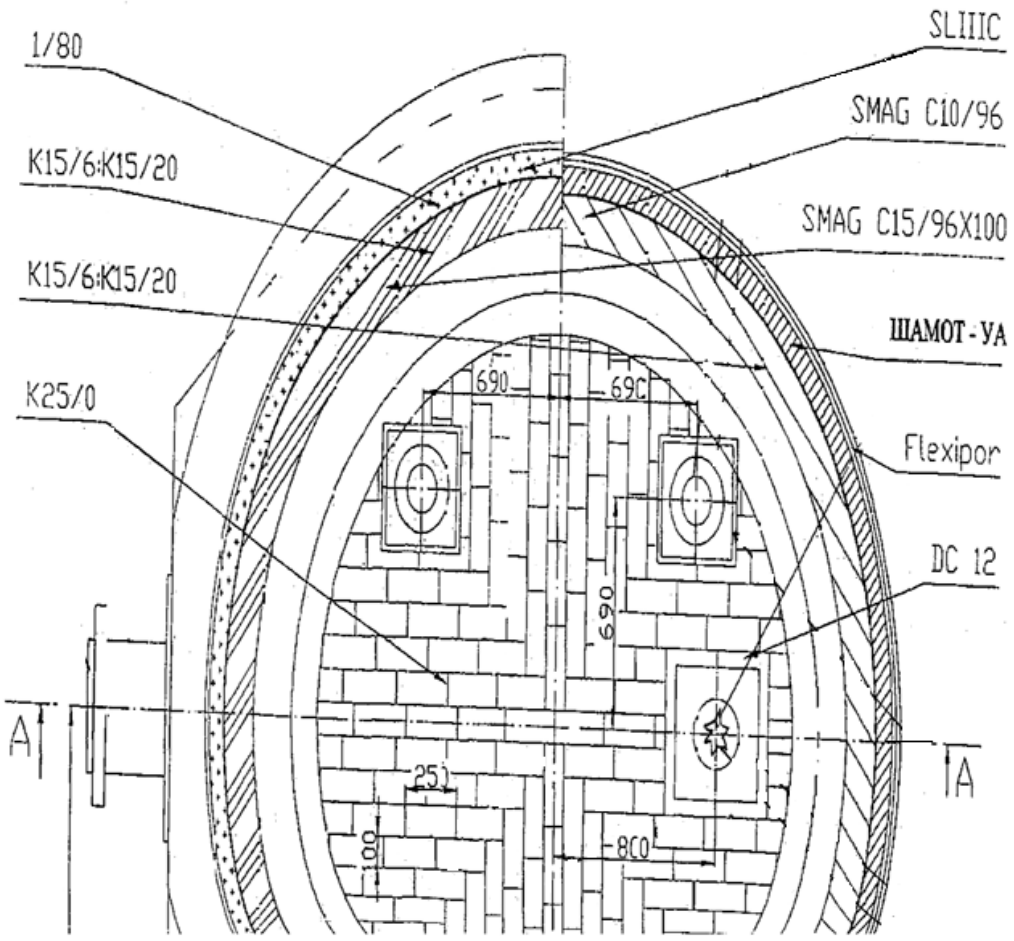


Рисунок 1.2 – Схема футеровки ковша

На вакууматорі виконуються такі технологічні операції:

- відбір проб для контролю хімічного складу металу;
- завмер температури металу;
- вакуумування металу з метою зниження вмісту водню;
- коригування хімічного складу;
- мікролегування, і модифікування металу сильними нітридоутворюючими елементами (титаном, ванадієм, бором,алюмінієм, ніобієм);
- глибоке розкислення та модифікування металу алюмінієм і силікокальцієм;
- очисну продувку аргоном після введення алюмінію;
- вимірювання вмісту водню безпосередньо в рідкому металі за допомогою системи «Hydris»;
- нанесення на шлак утеплюючих матеріалів (для зменшення теплових втрат у процесі розливання сталі).

При введенні матеріалів в ковш слід керуватися такими величинами охолоджуючого ефекту вводимого матеріалу в розрахунку на 1% від маси металу, °С:

- навуглерожувач - 45-50;
- феромарганець - 16;
- ферохром - 20;
- феросиліцій - 0-5;
- вапно - не менше 25;
- плавиковий шпат - 20;
- $A1_2O_3$ - місткий матеріал - 20-25.

Коригування хімічного складу виконується при досить рідкорухомому шлаку, підвищеній витраті аргону.

Введення вуглецьмісткого матеріалу проводиться при відключеній печі за допомогою трайб-апарата «ТА-05» (рисунок 1.3).

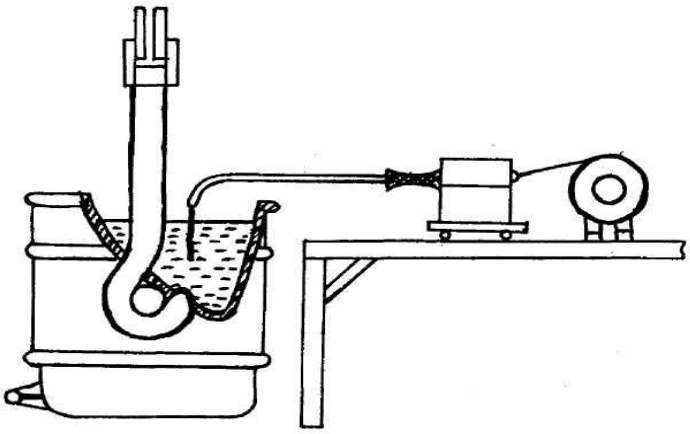


Рисунок 1.3 – Схема вводу алюмінієвого дроту в ковш трайб-апаратом «ТА-05»

Допускається використання порошкоподібних вуглецевмісних матеріалів із бункерів. Забороняється присадка феросплавів за відсутності аргону на продувку.

Температура сталі в ковші повинна забезпечувати:

- теплові втрати при наборі вакууму і вакуумуванні металу

при глибокому вакуумі;

- додаткові теплові втрати, пов'язані з коригуванням хімічного складу металу при легуванні і модифікуванні на вакууматорі (марганцем, ванадієм, ніобієм та ін).

Після відбору проб і виміру температури піднімають електроди й кришку «печі-ковша» у верхнє положення, сталевозний візок переміщають з-під печі в зону дії сталеразливочного крана [2].

2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

2.1 Кількісний та якісний склад викидів від установки «електропіч-ковш»

В процесі роботи «електропіч - ковш», виплавки сталі та під час очищення відхідних газів на ділянці позапічної обробки сталі виділяються різні шкідливі гази та пил. Дані наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Склад шкідливих викидів від устаткування «електропіч-ковш»

Хімічний склад пилу,%	
1	2
Fe_2O_3	93
FeO	1,2
SiO_2	1,2
Al_2O_3	1,2
CaO	1,2
MgO	0,9
MnO	0,9
Fe	0,4
P_2O_5	0,255
Хімічний склад газів,%	
CO	1,56
NO_x	36,31
SO_2	14,0

Викиди підприємств чорної металургії оцінюються як токсичні. Організовані викиди відносять до гарячих (t - 150-200 ^oC), вони надходять в атмосферу з труб від 100 до 250 м. Пилові викиди домінують над

газоподібними сполуками сірки та азоту у співвідношенні 3:1. Дисперсний склад пилу визначається виробництвом [6].

Таким чином, можна зробити висновок, що територія комбінату і прилеглі території зазнають значного забруднення різними хімічними елементами. Особливо сильно це позначається на проммайданчику, так як тут осідає більша частина крупнодісперсного пилу.

Крім пилу, металургійний комбінат викидає в повітряний басейн сірчистий газ, окис вуглецю, оксиди азоту, молекулярний водень, сірковуглець, аміак, кислота, феноли, вуглеводні, бензол, фториди і ціаніди.

Пил коксохімічного, доменного і прокатного виробництв крупнодисперсний і осідає поблизу від джерела впливу. Мартенівське та електросталеплавильне виробництва постачають в атмосферу дрібнодисперсні викиди, що поширюються на десятки кілометрів. Частка дрібно-і крупнодисперсних часток у викидах агломераційних і конверторних виробництв рівні, тому їх вплив здійснюється як поблизу виробництва, так і на віддаленні від нього.

Неорганізовані викиди полідисперсні і політемпературні. Вони надходять в атмосферу з невеликої висоти, слабо розсіюються. Неорганізовані викиди «відповідальні » за забруднення атмосфери поблизу металургійних переділів. Великий металургійний комбінат повного циклу потужністю 6-7 млн. т сталі на рік, з двомастами високими і низькими трубами має десятки джерел неорганізованих викидів в атмосферу. Ці викиди в силу їх 50-100-кратного розведення повітрям не можуть бути піддані очищенню. Так для виробництва однієї тонни чавуну витрачають 1,5-3 т залізної руди, 0,5-0,7 коксу, 1-1,5 т умовного палива, 0,25-0,4 т флюсів і вогнетривкої сировини, біля 3 $м^3$ води (безповоротні втрати). Витрати електроенергії на виплавку електрометалургійним способом однієї тонни сталі досягають 1000 кВт / год. Відведення землі під металургійний комбінат з річною виплавкою сталі біля 6 млн. т становить 1000-1500 га. Такий комплекс підприємств щорічно викидає в атмосферу біля 300 тис. т сірчистих

сполук (основні джерела - агломераційні фабрики, ТЕЦ і котельні), приблизно 450 тис. т оксидів вуглецю (агломераційні фабрики, коксохімічні й сталеплавильні заводи), біля 20 тис. т оксидів азоту (агломераційні фабрики, ТЕЦ, котельні, прокатні та коксохімічні виробництва).

Великий вплив на поширення викидів надає роза вітрів, рельєф і кількість несприятливих кліматичних явищ на рік. Роза вітрів і рельєф визначають територію поширення викидів. Несприятливі кліматичні явища сприяють проникненню викидаємих газів в нижні шари атмосфери, тому про наближення несприятливих кліматичних явищ підприємства інформуються завчасно для вжиття заходів щодо зменшення викидів [7].

2.2 Вплив на довкілля викидів від промислової установки «електропіч-ковш»

Екологічно зумовлені захворювання приблизно на 70% залежать від забруднення атмосфери, 10% дає вода, потім продукти харчування та умови життя.

Чорна металургія викидає 12% викидів відносно решти галузей промисловості. Це одне з найбільш шкідливих виробництв, так як викидаються великі обсяги забруднюючих речовин. Велику небезпеку становлять об'єкти кольорової металургії та нафтохімії, вони викидають невеликі обсяги, але речовин вищої міри небезпеки.

Вулиці та селища, розташовані в межах міста і знаходяться за межами санітарно-захисної зони входять в зону сильного або навіть дуже сильного техногенного тиску. Саме тут слід очікувати найбільш небезпечну ситуацію для здоров'я населення. Ступінь небезпеки забруднення атмосферного повітря оцінюється за двома основними класами речовин - канцерогенним речовинам, які здатні викликати злоякісні новоутворення, і неканцерогенними речовин. Ряд канцерогенних речовин впливає і на спадковість, індукуючи генетичні ефекти - збільшення частоти ряду

генетично обумовлених захворювань. Канцерогенні і генетичні ефекти тісно взаємозв'язані й порівняти за величиною. Разом вони утворюють клас схоластичних ефектів [7].

Неканцерогенні речовини викликають широкий спектр порушень стану здоров'я людини, які можна розглядати як різні форми токсичних ефектів, які реєструються на молекулярному, клітинному, тканинному, організменному і популяційному рівнях. Останні ефекти спостерігаються у вигляді підвищеної захворюваності та/або смертності.

Основними забруднюючими речовинами, що викидаються підприємствами металургії, автотранспортом і іншими об'єктами є діоксид та оксид азоту (NO_x), діоксид та оксид вуглецю (CO,CO_2), діоксид сірки (SO_2) (сірчистий газ), пил, бенз (а) пірен, фторид водню, феноли, молекулярний водень, бензол, ціаніди.

Забруднення повітря бенз(а)піреном визначає високу канцерогенну небезпеку атмосферного повітря.

Оксид і діоксид азоту - газоподібні речовини: монооксид азоту NO і діоксид азоту NO_2 об'єднуються однією загальною формулою NO_x. При всіх процесах горіння утворюються окисли азоту, причому здебільшого у вигляді оксиду. Чим вище температура згоряння, тим інтенсивніше відбувається утворення оксидів азоту. Іншим джерелом оксидів азоту є підприємства, що виробляють азотні добрива, азотну кислоту і нітрати, анілінові барвники, нітросполуки. Кількість оксидів азоту, що надходять в атмосферу, становить 65 млн. тонн на рік. Від загальної кількості викидаються в атмосферу окислів азоту на транспорт припадає 55%, на енергетику - 28%, на промислові підприємства - 14%, на дрібних споживачів і побутовий сектор - 3%.

NO діє на нервову систему людини, викликає параліч і судоми, зв'язує гемоглобін крові і викликає кисневе голодування.

Оксиди азоту N_2O_4 ,NO_2, викликають ураження дихальних шляхів і набряк легенів. При взаємодії з водою і киснем утворюють азотну кислоту.

Оксиди азоту беруть участь в утворенні кислотних дощів. Азотна кислота, яка утворюється з оксидів азоту, становить близько 35% від всіх кислот, що містяться у дощовій воді.

Оксиди азоту беруть участь в утворенні фотохімічного смогу, що призводить до вторинного забруднення атмосфери міст. До фотохімічним процесам, характерним для південних сонячних міст, відносяться процеси утворення пероксіацетілнітратов (ПАН), які при концентраціях 0,1-0,5 мг/м^3 можуть викликати подразнення слизової оболонки очей і загибель рослин. Наявність ПАН в атмосфері характерно для так званого «літнього» або лос-анджелеського смогу. Рівень фотохімічного забруднення повітря тісно пов'язаний з режимом руху автотранспорту. Так, в період високої інтенсивності руху вранці і ввечері відзначається максимум викидів в атмосферу оксидів азоту і вуглеводнів, хімічна взаємодія яких обумовлює фотохімічні забруднення повітря [8].

Діоксид азоту має подразливу дію на слизові оболонки та органи дихання. При дуже високих концентраціях, які спостерігаються лише при серйозних аваріях на промислових підприємствах, вплив діоксиду азоту може призвести до негайного і важкого ураження легень. При дії діоксиду азоту в концентраціях до 70 мкг/м^3 на населення, буде спостерігатися, як мінімум, 20%-ве збільшення частоти захворювань нижніх дихальних шляхів і 11%-ве збільшення появи симптомів з боку верхніх дихальних шляхів у дітей. При дії на населення найбільш високих рівнів діоксиду азоту до 120 мкг/м^3, аналогічні несприятливі ефекти можуть зростати відповідно більш ніж на 50% і 30%.

Окис вуглецю(CO) - безбарвний газ, який не має запаху, відомий також під назвою «чадний газ». Утворюється внаслідок неповного згоряння викопного палива (вугілля, газу, нафти) в умовах нестачі кисню і при низькій температурі. При цьому 65% від усіх викидів припадає на транспорт, 21% - на дрібних споживачів і побутовий сектор, а 14% - на промисловість.

При вдиханні чадний газ за рахунок наявної в його молекулі подвійного зв'язку утворює міцні комплексні сполуки з гемоглобіном крові людини і тим самим блокує надходження кисню в кров. Гемоглобін є складним білковий комплекс, який переносить кисень з легень до кліток організму, а вуглекислий газ - із клітин організму назад в легені. Чадний газ з'єднується з молекулами гемоглобіну у багато разів міцніше, ніж кисень. Чим більше чадного газу міститься в повітрі, тим більше гемоглобіну зв'язується з ним і тим менше кисню досягає клітин. Дія високих концентрацій оксиду вуглецю призводить до гострого отруєння, при хронічному впливі спостерігається збільшення вмісту в крові карбоксигемоглобіну, зміна психомоторних реакцій у дітей, і останнім часом з'явилися відомості про негативний вплив цієї речовини на репродуктивне здоров'я жінок. Хронічний вплив оксиду вуглецю веде до збільшення частоти госпіталізацій та / або звернення з приводу захворювань серця особами старше 65 років і почастішання нападів стенокардії у некурящих хворих.

Двоокис вуглецю (CO_2) також називають вуглекислим газом, - безбарвний газ з кислуватим запахом і смаком, продукт повного окиснення вуглецю. Є одним з парникових газів. CO_2 затримує теплове випромінювання Землі, діючи як парникова плівка.

З 1850 року по теперішній час частка CO_2 в атмосфері Землі зросла з 0,027% до 0,033%. Це є наслідком техногенної діяльності людини. Підраховано, що людство в XX столітті спалило викопних видів палива стільки ж, скільки за весь період свого існування до XX століття. Зростання середньорічної температури, пов'язане з накопиченням CO_2, може привести до танення льодовиків і, як результат, до підняття рівня світового океану. На щастя накопичення вуглекислого газу в атмосфері йде в 2-3 рази повільніше, ніж це підраховано теоретично [8].

Механізмом виведення CO_2 з атмосфери Землі є поглинання його в процесі фотосинтезу зелених рослин, а також зв'язування його в океанських водах на нерозчинні карбонати.

Оксиди сірки (SO_2 і SO_3). Діоксид сірки, сірчистий ангідрид - безбарвний газ з різким запахом. Утворюється в процесі згоряння сірковмісних викопних видів палива, в основному вугілля, а також при переробці сірчистих руд. Він, у першу чергу, бере участь у формуванні кислотних дощів. Загальносвітовий викид SO_2 оцінюється в 190 млн. тонн на рік. Тривала дія діоксиду сірки на людину призводить спочатку до втрати смакових відчуттів, обмеженню дихання, а потім - до запалення або набряку легенів, перебоїв у серцевої діяльності, порушення кровообігу і зупинки дихання [9].

При спалюванні палива і при переробці сірковмісних руд сірка,що міститься в них, окислюється, утворюючи два з'єднання: SO_2 і SO_3. При цьому до SO_3 окислюється менше 3% вихідної сірки. При взаємодії SO_2 і SO_3 з парами води в повітрі відповідно утворюються сірчиста і сірчана кислоти. Близько 60% від всіх розміщених в дощовій воді кислот складає сірчана кислота. Кислотні дощі сприяють корозії металів і гублять рослини. Навіть коли середній вміст оксидів сірки в повітрі становить усього 100 мкг/м^3, що нерідко має місце в містах, рослини можуть набувати жовтуватий відтінок. Відзначено також, що захворювання дихальних шляхів (бронхіт, астма, кашель і т.д.) частішають при підвищеному вмісті оксидів сірки в повітрі. Крім цього кислотні дощі вимивають важкі метали з гірських порід, закисляет грунт і збільшують кислотність озер, згубно впливаючи на популяції риб. Діоксид сірки має виражену подразнюючу дію, що поєднується з різким неприємним запахом. Вражає в першу чергу органи дихання, очі, центральну нервову систему, шкіру, пригнічує окислювальні процеси. Всмоктування діоксиду сірки починається відразу після контакту цієї речовини з слизовими порожнини носа і горлянки. Вторинний продукт присутності цієї речовини в повітрі - сірчана кислота впливає, в основному, на органи дихання. Вплив діоксиду сірки (до 3-х днів) призводить до зростання показників смертності на 0,6% при збільшенні його середньодобової концентрації на 10 мкг/м^3. Смертність від серцево-судинних

захворювань і захворювань органів дихання зростає до 0,9% на кожні 10 мкг/м^3 діоксиду сірки. На 0,5% на кожні 10 мкг/м^3 діоксиду сірки зростає госпіталізація або звернення по швидкої медичної допомогою з приводу респіраторних захворювань осіб у віці від 65 років і старше. У містах, де вміст діоксиду сірки в атмосферному повітрі перевищує фонові значення можна очікувати збільшення додаткових випадків смертності над фоном до 2-3% [10].

При хронічному отруєнні марганцем вражається нервова система, виникають марганцева пневмонія, цироз печінки. Порушення співвідношення марганцю з азотом, калієм і кальцієм може призвести до раку стравоходу і шлунку.

Вплив Fe_2O_3 на навколишнє середовище. При згоранні залізного порошку, при операціях, пов'язаних з роботою електричної дуги, в навколишню атмосферу поступає дим оксиду заліза Fe_2O_3, який викликає патологічні зміни функції легень. ГДК для Fe_2O_3 в повітрі (у перерахунку на Fe) - 0,04 мг/м^3.

Вплив викидів від установки «електропіч-ковш» представлений у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Характеристика та вплив викидів від установки «електропіч- ковш»

Забруднювачі	Характеристика та їх вплив на довкілля
Оксид і діоксид азоту (NO_x)	Діє на нервову систему людини, викликає параліч і судоми, зв'язує гемоглобін крові і викликає кисневе голодування, викликають ураження дихальних шляхів. Оксиди азоту беруть участь в утворенні кислотних дощів та фотохімічного смогу.
Монооксид вуглецю (CO)	Блокує надходження кисню в кров. Дія високих концентрацій оксиду вуглецю призводить до гострого отруєння, захворювань серця.

Діоксид вуглецю (CO_2)	Є одним з парникових газів. CO_2 затримує теплове випромінювання Землі, діючи як парникова плівка. Зростання середньорічної температури, пов'язане з накопиченням CO_2, може привести до танення льодовиків і, як результат, до підняття рівня світового океану.
Оксиди сірки (SO_2 і SO_3)	Безбарвний газ з різким запахом, бере участь у формуванні кислотних дощів. Кислотні дощі сприяють корозії металів і гублять рослини. Тривала дія діоксиду сірки на людину призводить спочатку до втрати смакових відчуттів, обмеженню дихання, а потім - до запалення або набряку легенів, перебоїв у серцевої діяльності, порушення кровообігу і зупинки дихання.
Марганець (Mn)	Вражається нервова система, виникають марганцева пневмонія, цироз печінки.
Оксиди заліза (Fe_2O_3)	Аерозолі (пил, дим) заліза і його окислів при тривалому впливі відкладаються в легенях і викликають специфічне захворювання легенів - сидероз, порушення нюху, часті запальні захворювання верхніх дихальних шляхів.

Аерозолі (пил, дим) заліза і його окислів, руд та інших з'єднань при тривалому впливі відкладаються в легенях і викликають специфічне захворювання легенів - сідероз. Розрізняють, так званий «червоний сідероз», що викликається оксидом заліза (III) і «чорний сідероз», що виникає від вдихання пилу заліза, його карбонатів і фосфатів.

У робітників мартенівського виробництва спостерігається порушення нюху.Серед електрозварників, сталеварів часті запальні захворювання верхніх дихальних шляхів [11].

2.3 Опис технологічної схеми очистки газу

Запилений газ з установки «електропіч-ковш» по системі газоходів поступає до газоочисного апарату ЕГА 1. Газовий потік по вхідному патрубку поступає в корпус електрофільтра, де частки пилу осаджують на своїй поверхні іони, набуваючи негативний електричний заряд. У результаті чого частки отримують прискорення,направлене у сторону осаджувальних електродів та осідають на них.

Пил з електродів видаляється за допомоги системи імпульсної очистки (СІО). Суміш природного газу і повітря подається до імпульсної камери, де ініціюється іскра і ударна хвиля струшує електроди. Пил осідає в бункерах електрофільтра і видаляється за допомоги шнекових живильників.

Очищений газ виводиться з апарату через вихідний патрубок і по системі газоходів рухається до димососів ДН-17. Очищені гази викидаються в атмосферу через димову трубу. Схема очистки газу представлена на рисунку 2.1 [8].

2.4 Опис устаткування

Установка очищення газу призначена для безперебійного очищення газу за установкою «електропіч-ковш» з метою захисту повітряного басейну від викидів технологічного обладнання.

Принцип очищення газів в електрофільтрах універсальний. У ньому можуть уловлюватися будь-які тверді або рідкі частинки, так як всі вони здатні мати електричний заряд і, отже, повинні осідати в електричному полі. Проте універсальність принципу дії електрофільтрів не вдається поширити на їх конструкції. У різних умовах потрібні різні конструкції електрофільтрів. У цих апаратах фільтрація зважених у газовому потоці твердих або рідких частинок здійснюється за рахунок броунівської дифузії, ефекту торкання або зачеплення, а також інерційних, електростатичних, гравітаційних сил.

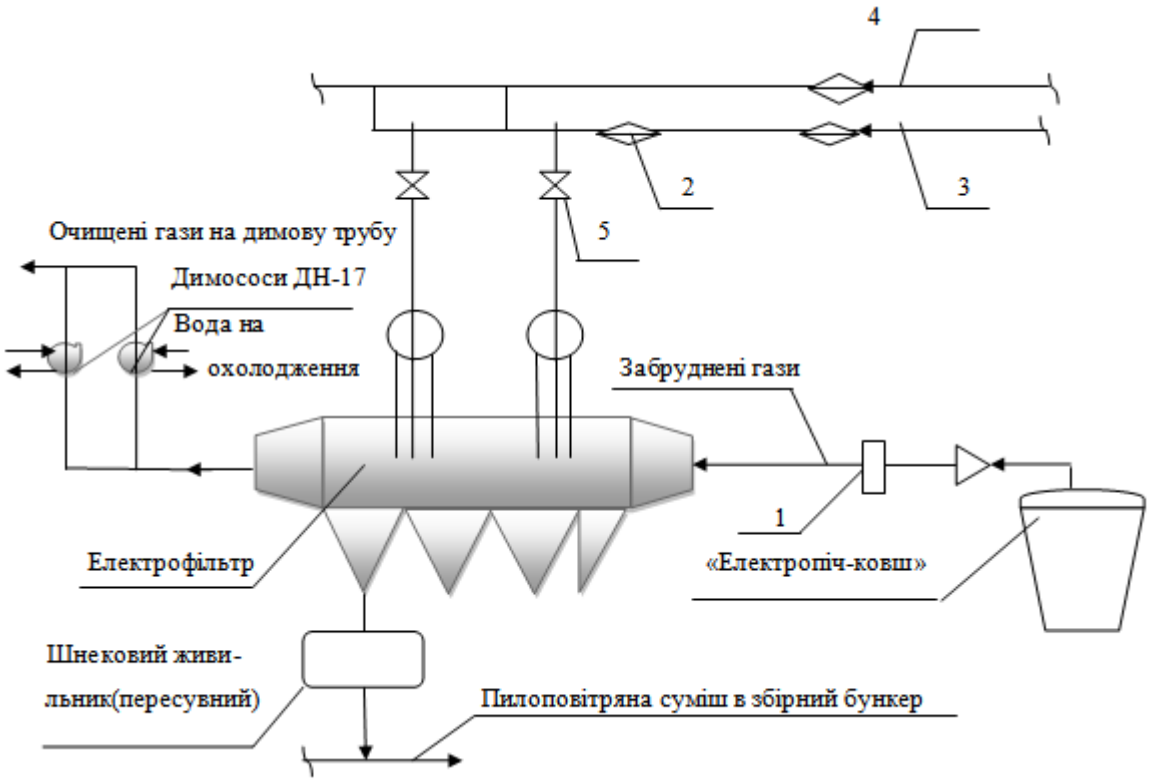


Рисунок 2.1 – Схема очистки газу: 1 - клапан повітропідсоса; 2 – вентиль; 3 – повітря із заводської мережі; 4 – газ; 5 – клапан електромагнітний.

Промислові фільтри за видом фільтруючого матеріалу поділяються на такі групи:

- волокнисті фільтри - фільтри об'ємної дії, складаються з декількох шарів фільтруючого матеріалу різної товщини;

- мокрі волокнисті фільтри-тумановловлювачі - принцип їх дії заснований на захопленні рідких частинок туману волокнистим шаром;

- зернисті фільтри - фільтруючі шари складаються із зерен сферичної або іншої форми. Один з різновидів зернистих фільтрів - гравійні фільтри, призначені для очищення газів від пилу механічного походження;

- повітряні фільтри - слугують для знепилювання повітря, що використовується для вентиляції, кондиціонування, повітряного опалення та охолодження, для подачі повітря на технологічні потреби. В якості

фільтруючого матеріалу використовуються касетні сіткові фільтри, касетні фільтри з скляних і синтетичних волокон і т.п. У самоочисних маслених фільтрах фільтруючий матеріал проходить через маслену ванну, в якій пил осідає у вигляді шламу [8].

Для очистки запилених газів від промислової установки «електропіч-ковш» також можуть використовуватися різні типи електрофільтрів.

Електрофільтри серії УВ – уніфіковані, вертикальні сухі електрофільтри призначені в основному для очищення газів аспіраційних систем з температурою до 250°С. Вони працюють при невисокій запиленості газу, відсутності в ньому дрібних частинок, зі швидкістю газу до 1 м/с. Електрофільтр має одне поле довжиною 7,4 м, через яке рухається газ у вертикальному напрямку. Він може складатися з однієї, двох чи трьох паралельно працюючих секцій. Активний перетин однієї секції 10,16 або 24 м². Секції перетином 10 і 16 м² набираються з електродів шириною 4 м, а секція перетином 24 м² - з електродів шириною 6 м. Осаджувальні електроди – пластинчасті з елементів відкритого профілю, коронуючі – рамні з верхнім підвісом. Відстань між площинами однойменних елементів 260 мм. Струшування в обох випадках ударно-молоткове. Схема електрофільтру типу УВ представлена на рисунку 2.2 [10].

Електрофільтр типу УГ – уніфікований, горизонтальний. Всього типорозмірний ряд електрофільтрів типу УГ складався з 22 одиниць. Основні елементи: осаджувальної електрод із С-образних елементів шириною 350 мм з нижнім молотковим струшуванням і коронуючий електрод трубчастої прямокутної форми з натягнутими стрічково-голчастими елементами.

Міжелектродний крок 275 мм. У залежності від температури газів існують уніфіковані електрофільтри двох типів:

1) апарати серії УГ, призначені для роботи при температурах не вище 250°С;

2) апарати серії УГТ, що працюють при температурах до 400°С.

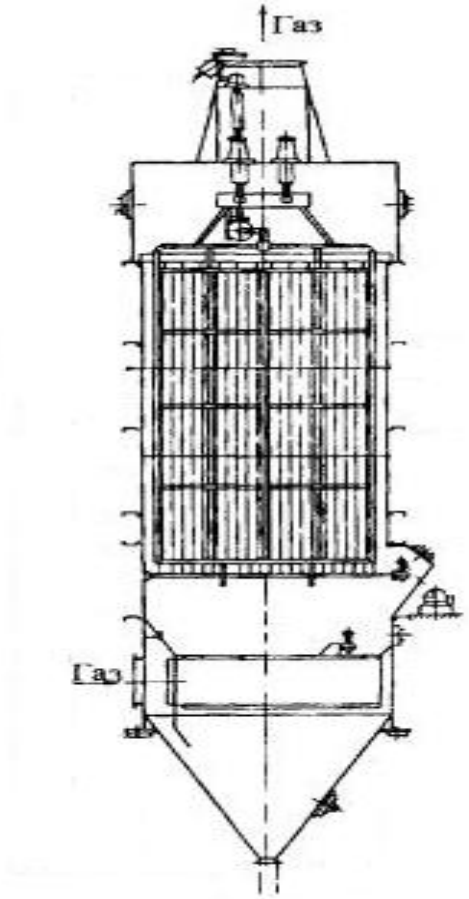


Рисунок 2.2 Електрофільтр типу УВ

Електрофільтри УГ мають різну активну висоту поля: УГ1 - 4,2 м, УГ2 - 7,5 м; УГ3 - 12,0 м. Корпусу електрофільтрів УГ розраховані на роботу під розрідженням до 3000-4000 Па і заповнення бункерів пилом з насипною масою до 1500 кг/м³. Розроблено також посилені корпусу, розраховані для уловлювання пилу з насипною масою до 3500 кг/м³. Корпуси обладнані пірамідальними бункерами для збору уловленной пилу, а в електрофільтрах перший габариту передбачена можливість застосування щілинних бункерів з ланцюговими або шнековими транспортерами для вивантаження пилу. У комплекті з електрофільтром передбачено постачання в разі необхідності вузлів вібровідтрушення бункерів і струшування газорозподільних грат. Електрофільтр серії УГ відображено на рисунку 2.3. [10].

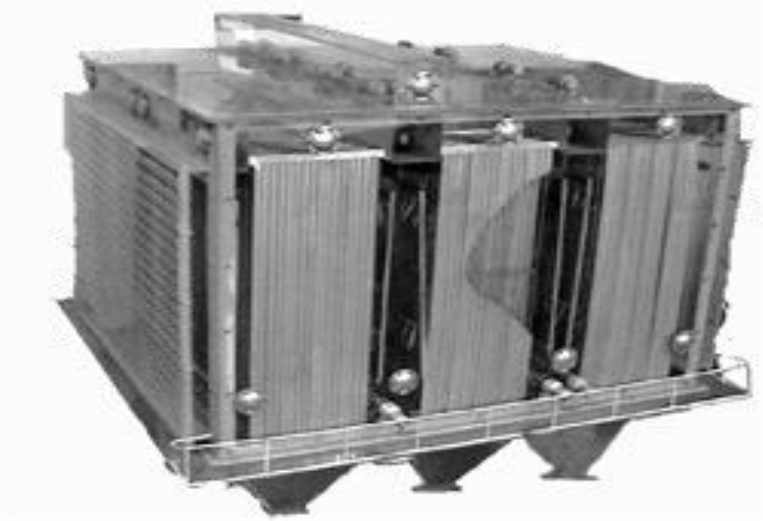


Рисунок 2.3 – Електрофільтр серії УГ

Електрофільтри типу С і ПГ – однопільні вертикальні трубчасті електрофільтри, розміщуються в циліндричному корпусі, розраховані на роботу під тиском до 0,03 МПа при температурі до 60°С. Електрофільтри типу С призначені для уловлювання смоли з газів коксохімічних виробництв і генераторних газів, а електрофільтри типу ПГ - для уловлювання смоли і пилу з генераторних газів для аналогічних умов. Схема електрофільтру типу ПГ представлена на рисунку 2.4.

Осаджувальні електроди розглянутих електрофільтрів виконують із сталевих труб з внутрішнім діаметром від 250 до 260 мм, а коронуючі електроди - з ніхромового дроту діаметром 3 мм з вантажним натягом. Система коронуючих електродів підвішується до корпусу на тарілчастих порцелянових ізоляторах, розміщених у нагрітих коробках, а струмопідвод в електрофільтр виконаний за допомогою спеціальних прохідних ізоляторів. Електрофільтри типу ПГ забезпечені колектором з форсунками, розміщеним над активною зоною. У електрофільтрах типу С цей вузол не передбачений, тому що вловлюється смола стікає з електродів самостійно [9].

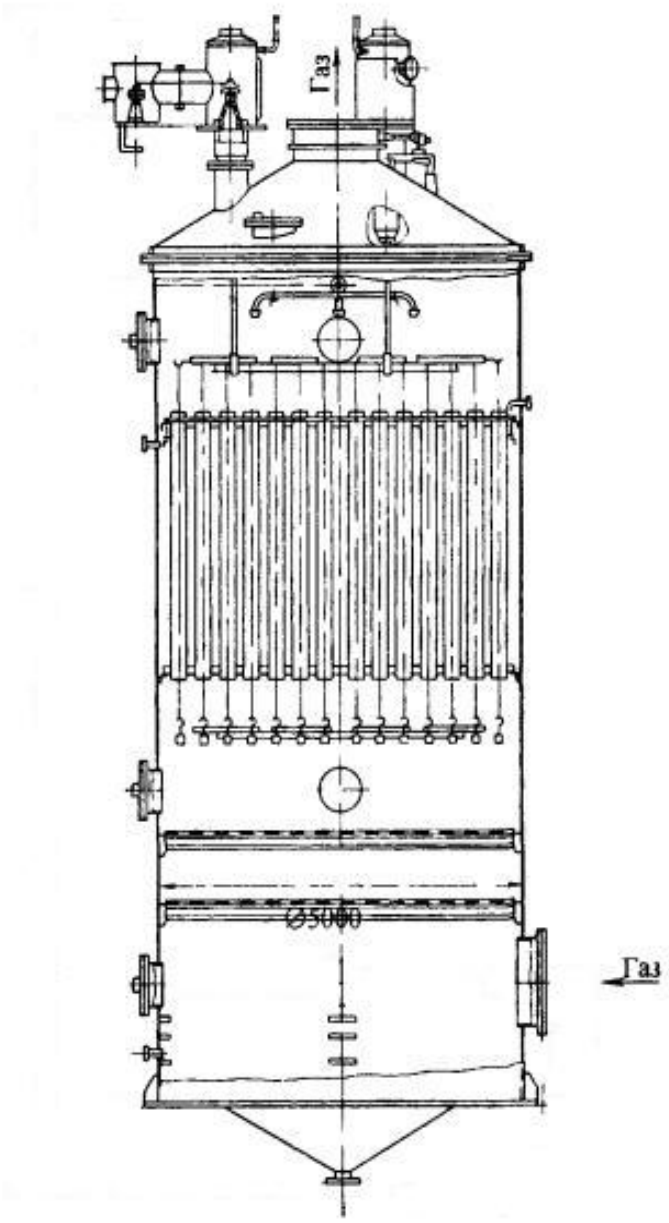


Рисунок 2.4 – Електрофільтр типу ПГ

Найбільш раціонально буде застосовувати для очищення газів від установки «електропіч-ковш» електрофільтри типу ЕГА, які забезпечують при швидкості газу 1 - 1,2 м/с ступінь очищення 85 - 95%. Приблизно таку ж ступінь очищення можуть дати прямокутні труби Вентурі з регульованою горловиною, що працюють зі швидкістю газу в горловині 100 - 120 м/с і питомою витратою води 1 - 1,2 $дм^3/м^3$. Однак, результати техніко-економічного аналізу показують, що очищення газів в електрофільтрах

дешевше, ніж в скрубберах Вентурі: сумарні питомі витрати зменшуються по мірі збільшення ємності печі, причому у варіанті з електрофільтрами більш швидкими темпами.Таким чином, у сучасних умовах для очищення газів, що відходять від «електропіч-ковша» слід використовувати електрофільтри типу ЕГА.

Електрофільтр – це апарат очистки газу, в якому безпосередньо здійснюється процес уловлювання пилу з димових газів. Апарати очищення газу належать до четвертої групи класифікації (Е) – електричні пиловловлювачі і являють собою сухі горизонтальні електрофільтри серії ЕГА 1.

Газоходи представляють собою труби з вуглецевої сталі діаметр 2020 мм, за допомогою яких димові гази, охолоджені в котлі-утилізаторі, підводяться до дифузора електрофільтра і відводяться від конфузора електрофільтра до димососу. Потім очищені гази надходять в збірний колектор очищеного газу. Збірний колектор має круглий перетин зі змінним діаметром від 3020 мм до 4020 мм. Всі газоходи розташовані на відкритій естакаді і не мають теплоізоляції. Для компенсації теплових деформацій на них встановлені одно і чотирьох лінзові компенсатори. Для обслуговування, чищення та огляду газоходів є спеціальні площадки обслуговування і люк-лази.

Корпус електрофільтра має прямокутний перетин, до торців якого примикають дифузор (для входу газу) і конфузор (для виходу газу). У нижній частині корпусу розташовані бункери для збору уловленого пилу. Корпус електрофільтра з зовнішнього боку теплоізольований. Механічне обладнання змонтовано всередині корпусу і складається з осаджувальних і коронуючих електродів, ізоляторних вузлів і газорозподільної решітки. Коронуючі електроди підключені до високовольтного перетворювача – джерела живлення випрямленим струмом напругою до 80 кВ. Осаджувальні електроди заземлені.

Корпус електрофільтра виконаний у вигляді суцільнометалевої зварної прямокутної споруди. Поперечник корпусу виконаний з П-подібних рам,що складаються зі зварних ригелів,які несуть на собі основні елементи обладнання, і стояків у вигляді зварних конструкцій. Бічні стінки корпусу суцільні з листової сталі 6 мм з горизонтальними ребрами жорсткості. Кришка корпусу має отвори для монтажу обладнання та установки ізоляторів. У торцях корпусу є отвори, обрамлені фланцями з куточків для під'єднання форкамери і газоходів.

Для рівномірного розподілу газів по всьому перетину електрофільтра, а також для підключення проходу газів поза активної зони фільтра, електрофільтр забезпечений газорозподільним пристроєм, що складається з газорозподільної решітки, встановленої на вході газу в електрофільтр і газоовідсікающих аркушів, встановлених в ригелях під ригельними балками в нижній частині осаджувальних електродів і на бічних стінках корпусу.

Осаджувальні електроди безрамної конструкції являють собою вертикально розташовані в одній площині елементи спеціального профілю. Електрод набирається з чотирьох елементів шириною 640 мм. Елементи мають приварені пластини, за допомогою яких вони підвішуються до балок підвісу за кронштейни. Нижні кінці елементів, що мають овальні отвори, жорстко кріпляться болтами до балки струшування. Балка струшування складається з двох смуг 10×80 мм, з'єднаних між собою з ударного кінця наковальнею, а протилежного - хвостовиком. Наковальні об'єднуються вітрилом, який має п'ять-шість електродів. До вітрила на відстані 50 мм підведені імпульсні камери системи імпульсного очищення електродів.

Коронуючі електроди являють собою плоскі трубчасті рами з натягнутими стрічково-голчастими (або стрічково-зубчастими) елементами. Голки розгорнуті паралельно газовому потоку. Існують різноманітні типи коронуючих електродів. Вони представлені на рисунку 2 [6].

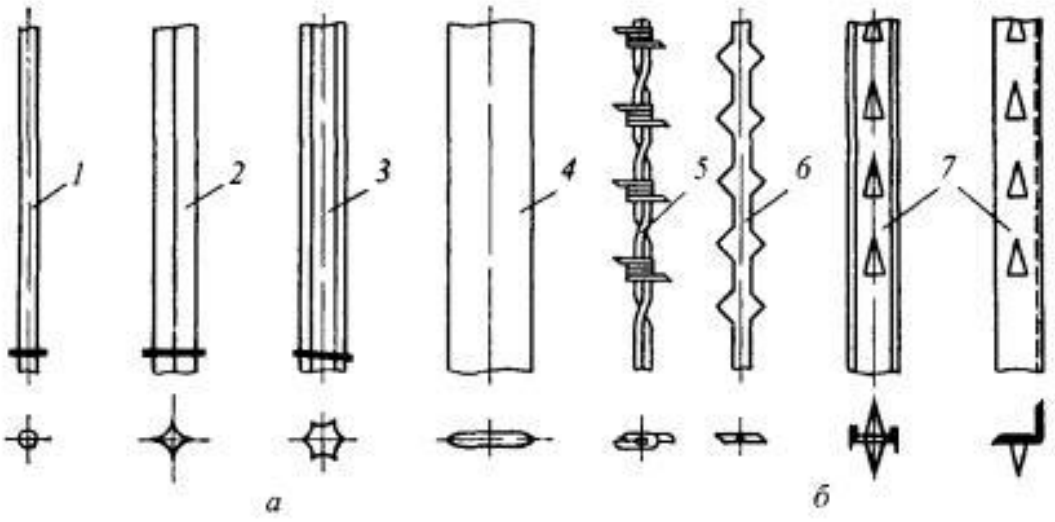


Рисунок 2.5 – Типи коронуючих електродів: а - гладкі; б - з фіксованими точками розряду; 1 - круглого перерізу; 2-штикового перерізу; 3 - зіркоподібний; 4 - стрічковий; 5 - колючий дріт; 6 - пилоподібний; 7 – голчастий

Рами складаються з декількох горизонтальних секцій, які між собою з'єднуються зварюванням. Для встановлення на рамі підвісу коронуючі електроди мають кронштейни. Верхні кронштейни вільно спираються на рами підвісу, а різьбові з'єднання нижніх кронштейнів під час монтажу затягуються і обварюються.

Рами підвісу коронуючих електродів разом з коронуючими електродами утворюють єдину систему. Ця система підвішується на труби підвісу, що спираються на фарфорові опорні ізолятори. Основна несуча балка виконана зі швелера. Конструкція опорних вузлів дозволяє регулювати положення рам щодо опорних ізоляторів. У середній частині кожної рами коронуючих електродів встановлені наковальні, до яких через приварені стійки гайками кріпиться несуча вітрила, що об'єднує всі рами коронуючих електродів одного поля. До несучої вітрила в двох місцях приварюються вітрила. До кожного вітрила на відстані 250 мм від них підведена імпульсна камера від системи імпульсного очищення [6].

Для огородження зовнішні струмоведучі частині закриті захисними коробками. Внутрішні струмоведучі частини встановлені всередині зварних ригелів. Доступ до порцелянових ізоляторів здійснюється через дверцята, при відкриванні яких автоматично спрацьовує механізм заземлення. Для доступу в електрофільтр при оглядах і ремонтах є люк-лази. Загальний вид апарату ЕГА1 представлений на рисунку 2.6 [5].

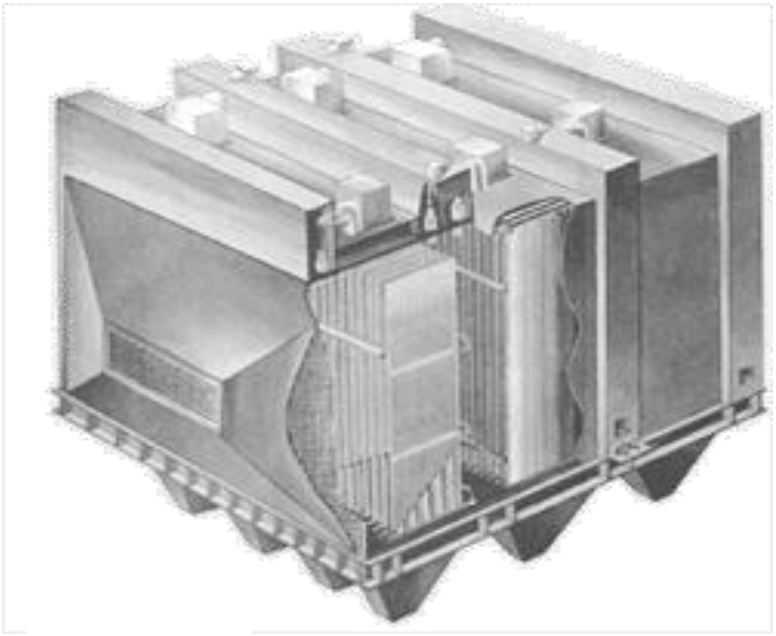


Рисунок 2.6 Загальний вид електрофільтру ЕГА1

Принцип роботи обладнання. Для електричного очищення газу використовується коронний розряд, який виникає тільки в неоднорідному електричному полі при певній формі електродів і їх розташуванні. Для живлення електрофільтра випрямленою струмом високої напруги використовують електричні агрегати ОПМД-600, що перетворюють змінний струм напругою 380 В в постійний напругою до 80 кВ. Управління перетворювачем проводиться за допомогою автоматичного регулятора живлення АРЖ-21-У1, який розташований на корпусі перетворювача. Випрямлений струм високої напруги підводиться до електорфільтрів по високовольтному кабелю. Осаджувальні електроди електрофільтру приєднуються до позитивного полюса випрямляча і заземлюються, а

коронуючі – ізолюються від землі і під'єднуються до негативного полюса випрямляча. При подачі на електроди струму високої напруги в просторі електрофільтру між електродами виникає електричне поле, напруженість якого можна змінити шляхом регулювання напруги живлення. При збільшенні напруги до певної величини - в просторі між електродами утворюється коронний розряд, у результаті чого виникає спрямований рух до електродів заряджених частинок, тобто між електродами електрофільтру протікає струм. При пропуску через електрофільтр димових газів, частинки пилу осаджують на своїй поверхні іони, набуваючи негативний електричний заряд. У результаті частинки отримують прискорення, спрямоване у бік осаджувальних електродів і осідають на них.

Видалення пилу з електродів відбувається за допомогою системи імпульсної очищення (СІО). СІО не має механічного приводу всередині електрофільтру. Регенерація електродів здійснюється шляхом регульованого і спрямованого вибухового горіння, яке відбувається в імпульсній камері що представляє собою трубу Ду 125 зі спеціальним турбулірующим пристроєм усередині. Імпульсна камера заповнюється сумішшю природного газу з повітрям у співвідношенні 1:9. У заповненій імпульсній камері ініціюється іскра і ударна хвиля струшує електроди. СІО працює в автоматичному режимі з гнучкою програмою управління і корекцією основних технологічних параметрів.

Видалений з електродів пил осідає в бункерах електрофільтру і видаляється за допомогою шнекових живильників в систему пневмотранспорту, далі вона підхоплюється потоком повітря. Повітря в систему пневмотранспорту надходить із заводської мережі і в завислому стані транспортується в збірний бункер відділення підготовки пилу до утилізації, звідки вивантажується в транспортний засіб.

Принципова схема електрофільтру ЕГА1 зображена на рисунку 2.7.

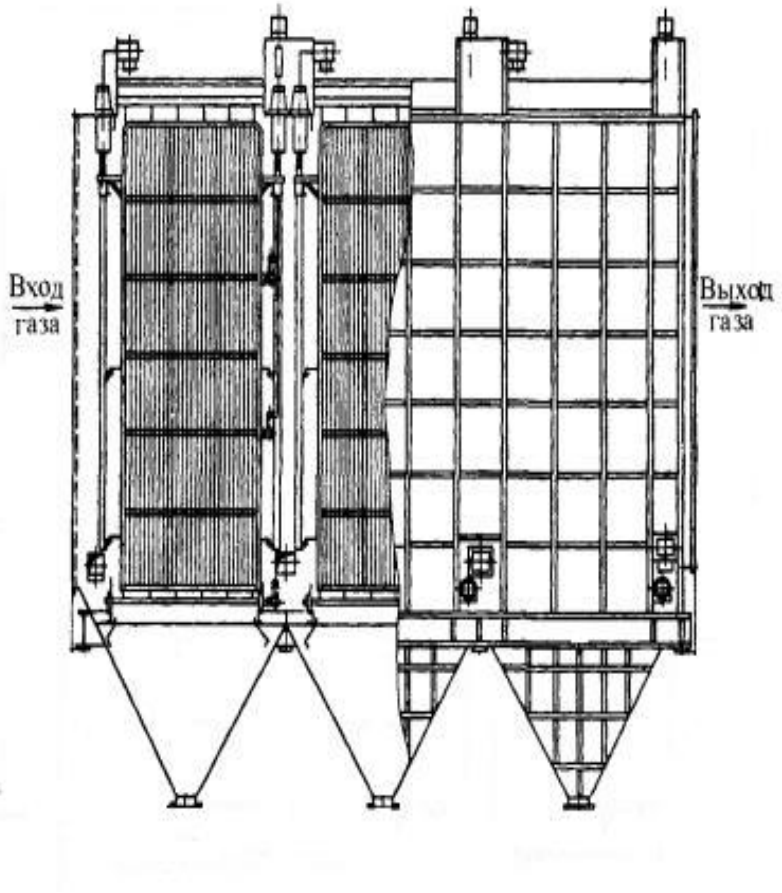


Рисунок 2.7 – Схема електрофільтру типу ЕГА1

Допоміжним обладнанням, що забезпечує вивантаження пилу є вібратори, встановлені на бункерах електрофільтру і збірному бункері. Оптимальний цикл роботи вібратора підбирають на місці в залежності від властивостей пилу. Зазвичай вібратор включають на 15-20 с через кожні 5-6 хв. Щоб уникнути великих присосів повітря пил вивантажується з бункера періодично. Для вивантаження застосовують роторні (осередкові) живильники, шнеки або скребкові транспортери. Датчиками для автоматичного включення живильників можуть служити сигналізатори рівня пилу в бункері. При відвантаженні пилу вібратори, встановлені на бункерах електрофільтра, працюють в автоматичному режимі з можливістю корекції основних технологічних параметрів. Схема бункера електрофільтра з вібратором представлена на рисунку 2.3 [10].

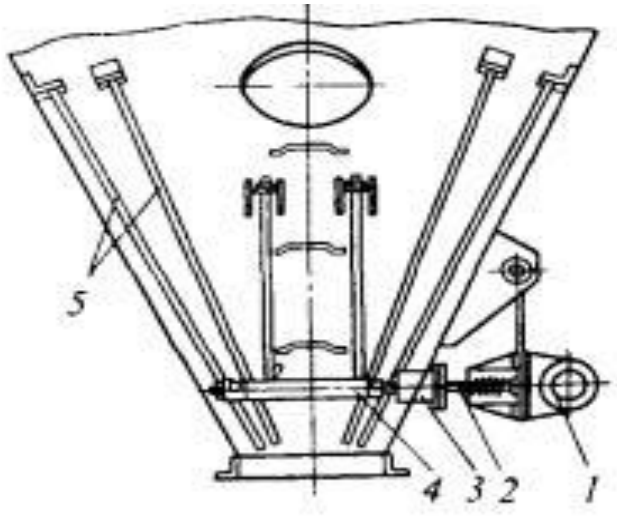


Рисунок 2.3 – Бункер електрофільтра з вібратором: 1 - вібратор; 2 - шток; 3 - сальникові ущільнення; 4 - рама; 5 – прутки

2.5 Розрахунок електрофільтру

Характеристики відхідних газів наведено в табл. 2.3 та 2.4.

Таблиця 2.3 – Склад відхідних газів

Газова фаза	CO_2	O_2	CO	SO_2+SO_3	NO_X	N_2
Вміст, об’ємн. %	7	15	0,4	0,035	0,01	75,56

Таблиця 2.4 – Гранулометричний склад пилу

Фракція, мкм	5-0	5-10	10-20	20-30	30-40	>40
Вміст, мас. %	10,9	7,3	8,4	9,3	18,3	45,8

d_m=50; $\sigma_ч = 5{,}9$.

Густина газів за нормальних умов:

$$\rho_0 = 0{,}01(7 \cdot 1{,}976 + 15 \cdot 1{,}429 + 0.4 \cdot 1{,}250 + 0{,}15 \cdot 2{,}857 + 0{,}15 \cdot 1{,}339 + 75{,}5 \cdot 1{,}251) = 1{,}304 \text{ кг/м}^3$$

За робочих умов:

$$\rho = 1{,}304 \frac{273}{433} \cdot \frac{90044}{101325} = 0{,}731 \text{ кг/м}^3.$$

За стандартних умов:

$$\rho_{ст} = 1{,}304 \frac{273}{293} \cdot \frac{101325}{101325} = 1{,}215 \text{ кг/м}^3.$$

В’язкість:

$$\mu = \mu_0 \frac{273 + C^!}{T + C^!}\left(\frac{T}{273}\right).$$

$$\mu(CO_2) = 13{,}7 \frac{273 + 254}{T + 254}\left(\frac{433}{273}\right) = 16{,}67 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с.}$$

$$\mu(O_2) = 20{,}3 \frac{273 + 131}{T + 131}\left(\frac{433}{273}\right) = 23{,}06 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с.}$$

$$\mu(CO) = 16{,}6 \frac{273 + 100}{T + 100}\left(\frac{433}{273}\right) = 18{,}43 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с.}$$

$$\mu(N_2) = 17 \frac{273 + 114}{T + 114}\left(\frac{433}{273}\right) = 19{,}08 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с.}$$

$$\mu = 0{,}01(7 \cdot 16.67 + 15 \cdot 20.06 + 0.4 \cdot 18.43 + 75{,}5 \cdot 19.08) = 19{,}11324 \cdot 10^{-6} \text{ Па·с.}$$

На очищення надходить газ із параметрами:

- Витрата V=91.67 м^3/с=330 тис. м^3/год

- Запиленість після колектора $z_н$=4 г/нм^3
- Температура t=160 С^0
- Динамічна в’язкість газу $\mu = 19{,}11 \cdot 10^{-6}$ Па·с
- Розрідження на вході 11281 Па
- Густина: $\rho_{ст} =$ 1,215 кг/м^3

$$\rho_0 = 1{,}304 \text{ кг/м}^{3.}$$

$$\rho = 0{,}731 \text{ кг/м}^{3.}$$

Виходячи з параметрів газу, що надходить на очищення, та особливостей планування цеху, для застосування обираємо електрофільтр ЕГА1-40-9-6-2.

Відносна густина очищуваного газу за стандартних умов:

$$\beta = \frac{\rho}{\rho_{ст}} \frac{(273+20)}{(273+t)} = \frac{0.731}{1.215} \frac{293}{433} = 0.407$$

Критична напруженість електричного поля:

$$E_{кр} = 3{,}04\left(\beta + 0{,}0311\sqrt{\frac{\beta}{R_1}}\right)10^6 = 3{,}04\left(0.407 + 0{,}0311\sqrt{\frac{0.407}{0.001}}\right)10^6 = 7.76 \cdot 10^5 \text{ В/м},$$

де R_1 - радіус коронуючого електрода.

Критична напруга корони

$$U_{кр} = E_{кр} R_1 \left(\frac{\pi H}{S_1} - 2.3 \lg \frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S_1}\right)$$

$$U_{кр} = 7.76 \cdot 10^5 \cdot 0.001\left(\frac{3.14 \cdot 0.15}{0.19} - 2.3 \lg \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.001}{0.19}\right) = 4{,}57 \cdot 10^{-3} \text{ В},$$

де Н- відстань між площинами коронуючих і осаджувальних електродів,

S_1 - крок коронуючих електродів.

Напруженість електричного поля за середнього значення робочої напруги U=85 кВ:

$$E = \sqrt{\frac{8 \cdot \pi \cdot f \cdot HU(U - U_{kp})}{9 \cdot 10^9 \cdot \varepsilon_0 \cdot S_1^{\,3}\left(\frac{\pi H}{S_1} - 2.3\lg\frac{2 \cdot \pi \cdot R_1}{S_1}\right)}}$$

$$= \sqrt{\frac{8 \cdot 3.14 \cdot 0.0423 \cdot 0.15 \cdot 85(85 - 4.57) \cdot 10^6}{9 \cdot 10^9 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12} \cdot 0.19^3\left(\frac{3.14 \cdot 0.15}{0.19} - 2.3\lg\frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.001}{0.19}\right)}} = 5{,}75 \cdot 10^5 \text{ В/м}$$

Швидкість дрейфу частинок розміром понад 1 мкм в електричному полі:

$$\omega = \frac{0{,}118 \cdot 10^{-10} \cdot E^2 \cdot r}{\mu} = \frac{0{,}118 \cdot 10^{-10} \cdot 33.06 \cdot 10^{10} \cdot r}{19.11 \cdot 10^{-6}}\ 2.04 \cdot 10^5 \cdot r$$

де r – еквівалентний радіус частинки.

Фракційний ступінь уловлювання пилу

$$\eta_i = 1 - \exp\left(-\frac{\omega \cdot T}{2 \cdot V}\right)$$

де Е – відношення загальної площі осаджувальних електродів до площі активного перерізу електрофільтра,

V – швидкість газу в електрофільтрі.

$$V = \frac{Q}{S_{a.c.}},$$

$$\eta_i = 1 - \exp\left(-\frac{\omega \cdot S_э \cdot S_{a.c.}}{2 \cdot S_{a.c.} \cdot Q}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{\omega_i \cdot S_э}{2 \cdot Q}\right) = 1 - \exp\left(-\frac{\omega_i \cdot 5040}{2 \cdot 91.67}\right) = = 1 - \exp\left(-27.5\omega_i\right)$$

Результати розрахунків заносимо в таблиці 2.5 та 2.6.

Таблиця 2.5 – Результати розрахунків

Фракцфя, мкм	5-0	5-10	10-20	20-30	30-40	>40
Вміст, мас. %: 1	10,9	7,3	8,4	9,3	18,3	45,8
Середній розмір, мкм	2,5	7,5	15	25	35	40
r, мкм	1,25	3,25	7,5	12,5	15,5	20
$\acute{\omega}$, м/с	0,255	0,765	1,531	2,55	3,57	4,083
η	0,999099	1	1	1	1	1

$\eta_{заг}$=0,9999 (η базового варианта = 0,95).

Запиленість на виході з електрофільтра:

$$z_к = z_н(1-\eta) = 4(1-0.9999) = 0.0004 \text{ г/м}^3$$

Таблиця 2.6 – Характеристика електрофільтру ЕГА1-40-9-6-2

Показник	ЕГА1-40-9-6-2
Тип	Горизонтальний сухий електрофільтр
Висота електродів	9 м
Кількість газових проходів	6

Показник	ЕГА1-40-9-6-2
Продуктивність	≈343–352 тис. м³/год
Площа активного перерізу	95,4 м²
Площа осадження	7373–8294 м²
Температура газів	до 330 °С
Гідравлічний опір	150–200 Па
Ступінь очищення	99,8–99,95 %
Монтаж	Горизонтальна компоновка

3 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

3.1 Аналіз умов праці

Установка «електропіч-ковш» розташована у мартенівському цеху. Установка побудована перед мартенівською пічкою №2 на ділянці УПОС – установки позапічної обробки сталі. Установка «електропіч-ковш» представляє собою електродугову піч, яка дозволяє досягти максимальної швидкості підігріву від 2 до 6 °С/хв, для ковшів місткістю від 15 до 250 т. Інтенсивність підігріву стримується стійкістю ковша в його верхній частині. На практиці питома електрична потужність становить близько 1,8 МВт/м^2. Установка «електропіч-ківш» дозволяє точно регулювати температуру сталі перед розливанням.

Електродугова установка має таке основне обладнання: трьохфазний трансформатор потужністю 14,4 МВ×А; пристрій для затиску і механізм переміщення електродів діаметром 400-450 мм; водоохолоджувальну кришку з механізмом підйому і опускання; сталевоз для подачі ковша під установку; гідравлічне обладнання; зонд для виміру температури металу в ковші (термопара типу ПР (В)); систему підведення аргону до вузла продувки; автоматичну систему управління електродами і електричним режимом з центрального поста управління; систему подачі матеріалів у піч з видаткових бункерів, спільних для «електропечі-ковша» і вакууматора; стенд для зберігання електродів; центральний пост управління; місцеві пульти управління основними вузлами і механізмами установки; трайбаппарат для введення дроту.

Категорія робіт - розмежування робіт за важкістю на основі загальних енерговитрат організму. Важкі фізичні роботи (категорія III) охоплюють види діяльності, при яких виграти енергії становлять 291-349 Вт (251-300ккал/год.). До категорії III належать роботи, пов'язані з постійним

переміщенням, перенесенням значних (понад 10 кг) вантажів, які потребують великих фізичних зусиль.

Допустимі величини температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень наведені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Допустимі величини температури, вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість, (%)	Швидкість руху, (м/с)
		Верхня межа		Нижня межа		на робочих місцях постійних і непостійних	
		На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях	На постійних робочих місцях	На непостійних робочих місцях		
Холодний період року	Важка III	19	20	13	12	75	Не більше 0,5
Теплий період року	Важка III	26	28	15	13	75 при 24°С і нижче	0,6-0,5

Нормалізація несприятливих мікрокліматичних умов здійснюється за допомогою комплексу заходів та способів, які включають: будівельно-планувальні, організаційно-технологічні, санітарно-технічні та ін. заходи колективного захисту. Для профілактики перегрівань та переохолоджень робітників використовуються засоби індивідуального захисту, медико-біологічні тощо.

У виробничих приміщеннях з надлишком (явного) тепла використовують природну вентиляцію (аерацію). Аераційні ліхтарі та шахти розташовують безпосередньо над основними джерелами тепла на одній осі. У разі неможливості або неефективності аерації встановлюють механічну

загальнообмінну вентиляцію. При наявності одиничних джерел тепловиділень оснащують обладнання місцевою витяжною вентиляцією у вигляді локальних відсмоктувачів, витяжних зонтів та ін.

На устаткуванні «електропіч-ковш» при введенні силікокальцевого дроту та при роботі електродів виділяються дим і продукти горіння. Над «електропіч-ковшом» встановлені димососи.

У замкнених і невеликих за об'ємом приміщеннях (пости та пульти керування,кімнати відпочинку тощо) при виконанні операторських робіт використовують системи кондиціонування повітря з індивідуальним регулюванням температури та об'єму повітря, що подається. Основними забруднюючими елементами від установки «електропіч-ковш» є оксиди азоту, вуглецю, діоксид сірки та присаджувальний матеріал – феровanадій (таблиця 3.2) [11].

Таблиця 3.2 – ГДК шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Забруднювач	ПДК,мг/м^3	Агрегатний стан в умовах виробництва	Клас небезпеки	Особливості дії на організм
Оксиди азоту	5	Пар	3	Г
Оксид вуглецю	20	Пар	4	Г
Діоксид сірки	10	Пар	4	Г
Феровanадій	1	Аерозоль	2	-

Шкідливі речовини розділені на чотири класи небезпеки:

1 клас - надзвичайно небезпечні

2 клас - високонебезпечні

3 клас - небезпечні

4 клас - помірно небезпечні.

Г – речовини з гостронаправленим механізмом дії, які потребують автоматичного контролю за їхнім складом у повітрі.

При розробці технологічних процесів, проектуванні, виготовленні та експлуатації машин, виробничих будівель та споруд, а також при організації робочого місця слід вживати всіх необхідних заходів щодо зниження шуму, що впливає на людину на робочих місцях, до значень, що не перевищують допустимі. Зони з рівнем звуку або еквівалентним рівнем звуку вище 80 дБ А повинні бути позначені знаками безпеки. Працюючих в цих зонах адміністрація зобов'язана забезпечувати засобами індивідуального захисту – це протишумові навушники, вкладиші та шоломи.

Електроди в робочому стані спричиняють найбільше шумове та вібраційне забруднення. В якості факторів, що впливають на ступінь і характер несприятливого впливу вібрації, повинні враховуватися:

- ризики (ймовірності) прояви різних патологій аж до професійної вібраційної хвороби;
- показники фізичного навантаження і нервово-емоційного напруження;
- вплив супутніх чинників, що посилюють вплив вібрації (охолодження, вологість, шум, хімічні речовини тощо);
- тривалість і уривчастість впливу вібрації;
- тривалість робочої зміни.

Показники вібраційного навантаження на оператора повинні формуватися з таких параметрів: віброприскорення (віброшвидкості), діапазон частот, час дії вібрації. Основним способом забезпечення вібробезпечного повинно бути створення і застосування вібробезпечних машин.

Пічні трансформатори дугових сталеплавильних печей можуть приєднуватися до електричних мереж загального призначення без виконання спеціальних розрахунків на коливання напруги, якщо дотримується така умова [12]:

$$\sqrt{\sum_{i=1}^{n} S^2 \pi / S_{\text{к}} \le 0{,}01}, \qquad (3.1)$$

де S_{T_i} - номінальна потужність пічного трансформатора, МВ× А;

$S_{\text{к}}$ - потужність короткого замикання (КЗ) «в загальній точці» (у місці приєднання установки дугових печей до електричних мереж загального призначення), МВ×А;

n - число приєднаних установок дугових печей.

На установках дугових сталеплавильних печей поштовхи струму експлуатаційних КЗ не повинні перевищувати 3,5-кратного значення номінального струму.

У виробничих приміщеннях освітленість проходів і ділянок, де робота не проводиться, повинна становити не більше 25% від нормованої освітленості, але не менше 75 лк при розрядних лампах і не менше 30 лк при лампах розжарювання. У цехах з повністю автоматизованим технологічним процесом слід передбачати освітлення для спостереження за роботою устаткування, а також додаткове включення світильників загального і місцевого освітлення для забезпечення необхідної освітленості при ремонтно-налагоджувальних роботах.

3.2 Виробнича санітарія та гігієна праці

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного устаткування, освітлювальних приладів, інсоляції на постійних і непостійних робочих місцях не повинна перевищувати 35 Вт/м^2 при опроміненні 50% поверхні тіла і більше, 70 Вт/м^2 - при величині облучаемой поверхні від 25 до 50% і 100 Вт/м^2 - при опроміненні не більше 25% поверхні тіла. Інтенсивність теплового опромінення працюючих від відкритих джерел (нагрітий метал, скло, «відкрите» полум'я тощо) не

повинна перевищувати 140 Вт/м^2, при цьому опроміненню не повинно піддаватися більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту, в тому числі засобів захисту обличчя та очей.

При неможливості технічними засобами забезпечити допустимі гігієнічні нормативи опромінення на робочих місцях використовуються засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) - спецодяг, спецвзуття, ЗІЗ для захисту голови, очей, обличчя, рук. В залежності від призначення передбачаються такі ЗІЗ:

- для постійної роботи в гарячих цехах - спецодяг (костюм чоловічий повстяний), а при ремонті гарячих печей та агрегатів - автономна система індивідуального охолодження в комплексі з повстяним костюмом;

- при аварійних роботах - тепловідбиваючий комплект з металізованої тканини;

- для захисту ніг від теплового випромінення, іскор і бризок розплавленого металу, контакту з нагрітими поверхнями - взуття шкіряне спеціальне для працюючих в гарячих цехах;

- для захисту рук від опіків - вачеги, рукавиці суконні, брезентові, комбіновані з надолонниками з шкіри та спилку;

- для захисту голови від теплових опромінень, іскор та бризок металу - повстяний капелюх, захисна каска з підшоломником, каски текстолітові або з полікарбонату;

- для захисту очей та обличчя - щиток теплозахисний сталевара, з приладнаними для нього захисними окулярами із світлофільтрами, маски захисні з прозорим екраном, окуляри захисні, козиркові з світлофільтрами. Спецодяг повинен мати захисні властивості, які виключають можливість нагріву його внутрішніх поверхонь на будь-якій ділянці до температури 313 К (40°С). У таблиці 3.3 представлені засоби індивідуального захисту робітників установки «електропіч-ковш» [14].

Таблиця 3.3 – Засоби індивідуального захисту на установці «електропіч-ковш»

Посада	Кількість осіб	ЗІЗ
Майстер	1	Костюм бавовняний,взуття шкіряне,окуляри козиркові зі світофільтрами,окуляри прозорі,каска захисна,рукавиці бавовняні.
Сталевар	2	Костюм суконний або костюм бавовняний мелікстиновий з вогнетривким просоченням; вачеги,взуття шкіряне,захисна каска,окуляри козиркові зі світофільтрами, беруші силіконові, респіратор "Лепесток" марлевий.
Підручний	2	Те ж саме,що і у сталевара

Костюм суконний,шкіряне взуття, вачеги видаються типу Ш-З-373Т10, каска захисна, окуляри козиркові зі світофільтрами П3 та окуляри захисні прозорі. Термін експлуатації костюмів,взуття та вачег становить 6 місяців; каски – 2 роки; окулярів захисних прозорих і берушів силіконових – 1 місяць; респіратор «Лепесток» марлевий – 1 зміна.

Вібробезпечність праці на підприємствах повинна забезпечуватися:

- дотриманням правил і умов експлуатації машин і введення технологічних процесів, використанням машин тільки відповідно до їх призначення, передбаченим нормативною документацією (НД);

- підтриманням технічного стану машин, параметрів технологічних процесів та елементів виробничого середовища на рівні, передбаченому НД, своєчасним проведенням планового та попереджувального ремонту машин;

- вдосконаленням режимів роботи машин і елементів виробничого середовища, винятком контакту працюючих з вібруючими поверхнями за межами робочого місця або зони введенням огороджень, попереджувальних

знаків, використанням попереджувальних написів, фарбування, сигналізації, блокування і т.п.;

- поліпшенням умов праці (у т.ч. зниженням або винятком дії супутніх несприятливих факторів);

- застосуванням засобів індивідуального захисту від вібрації;

- введенням і дотриманням режимів праці та відпочинку, в найбільшій мірі знижують несприятливий вплив вібрації на людину;

- санітарно-профілактичними і оздоровчими заходами, передбаченими рекомендаціями МОЗ і його органів;

- контролем вібраційних характеристик машин і вібраційного навантаження на оператора, дотриманням вимог вібробезпечного та виконанням передбачених для умов експлуатації заходів.

Для пічних трансформаторів (пічних трансформаторних агрегатів) установок дугових печей повинні бути передбачені наступні види захисту:

1) максимальний струмовий захист (від струмів КЗ) миттєвої дії, відбудована по струму від експлуатаційних КЗ і кидків струмів при включенні установок для трансформаторів будь-якої потужності.

2) захист від перевантаження трансформатора. Для виконання цього захисту мають застосовуватися максимальні струмові реле, в установках дугових сталеплавильних печей рекомендуються реле з обмежено-залежною характеристикою.

Захист від перевантаження трансформатора. Для виконання цього захисту мають застосовуватися максимальні струмові реле, в установках дугових сталеплавильних печей рекомендуються реле з обмежено-залежною характеристикою.

Характеристики і витримки часу реле повинні вибиратися з урахуванням швидкості дії автоматичних регуляторів підйому електродів печі, щоб експлуатаційні КЗ усувалися підняттям електродів та пічного вимикач відключався тільки при несправному регуляторі. Захист від

перевантаження повинна діяти з різними витримками часу на сигнал і на відключення.

Установки дугових печей повинні бути забезпечені вимірювальними приладами для контролю активної та реактивної споживаної електроенергії, а також приладами для контролю за технологічним процесом. На установках дугових руднотермічних печей з однофазними пічними трансформаторами повинні встановлюватися прилади для вимірювання фазних струмів трансформатора, а також прилади для вимірювання і реєстрації струмів на електродах. На установках дугових сталеплавильних печей рекомендується встановлювати прилади, що реєструють 30-хвилинний максимум навантаження.

У робочій зоні промислової установки «електропіч-ковш» виникає періодичне шумове забруднення до 80 дБ. Працюючих в цих зонах зобов'язані забезпечувати засобами індивідуального захисту – це протишумові навушники, вкладиші та шоломи [13].

3.3 Техніка безпеки

Технологічний процес роботи установки очистки газу (УОГ) пов'язаний із застосуванням обертальних механізмів і електроенергії напругою більше 1000 В. У зв'язку з цим з метою безпеки проведення процесу та уникнення промислових травм експлуатаційний персонал повинен знати і виконувати вимоги «Інструкції з експлуатації ІЕ-243-МЦ», інструкції з охорони праці та «Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

При експлуатації УОГ необхідно керуватися:

- «Інструкцією з експлуатації ІЕ-243-МЦ»;
- «Правилами безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- інструкцією з експлуатації обладнання;
- планами локалізації та ліквідації аварійних випадків;

- інструкціями з техніки безпеки за професіями.

Обслуговуючий персонал УОГ у ході експлуатації зобов'язаний:

- вести «Оперативний журнал», в який заносять показники, що характеризують роботу основного технологічного обладнання,відхилення від встановленого режиму,відключення агрегатів або їх вихід із роботи із зазначенням причин та прийнятих заходів по їх усуненню;

- занести показники робіт апаратів очистки газів в «Агрегатний журнал»;

- в «Журнал ремонтів» заносити виявлені дефекти та об'єм виконаних робіт.

Обладнання УОГ періодично повинно піддаватися технічному огляду зі складанням дефектних відомостей для ремонтних робіт. Кожний випадок технічної несправності або порушення режиму роботи УОГ, приведений до зниження ефективності її роботи повинен бути проаналізований. Виключення УОГ з економічних чи інших міркувань,не передбаченими технологічним процесом,категорично заборонений.

До обслуговування газоочисних установок допускаються тільки робітники, які склали іспит з правил технічної експлуатації та техніці безпеки. На робочих місцях обслуговуючого персоналу установок газоочистки повинні бути вивішені наступні інструкції та правила:

- виробничі інструкції з експлуатації газопилевловлюючої установки;
- правила та інструкції по техніці безпеки і виробничий санітарії для даного виробництва;
- інструкції на випадок аварії чи пожежі;
- правила надання першої допомоги;
- креслення газоочисних установок.

На газоочисній установці повинні знаходитися у справному стані захисні засоби (окуляри, килим та інше), попереджуючі плакати, засоби для тушіння пожежі, аптечка, протигази, заземлення.

Внутрішній огляд установки дозволяється:

- після відключення установки від газу на вході та виході щільними та справними шиберами та задвижками;

- після ретельної вентиляції корпусу апарата та комунікацій, які до нього відносяться, за допомогою газоаналізаторів на повну відсутність шкідливих газів;

- після охолодження апарата до температури не вище 50ºС;

- після зняття напруги в установках електричної очистки газів.

Поверхня корпуса апарата, які працюють при температурах більше 80ºС, повинна бути ізольованою.

Всі отвори в корпусах апаратів повинні бути надійно ізольованими, щоб уникнути отруєння токсичними газами або вибуху вибухонебезпечного пилу.

Під час очистки газу, який легко запалюється, чи уловленні вибухонебезпечного пилу установки повинні бути обладнані запобіжними клапанами. Треба вчасно очищати бункера від пилу, який там накопичується.

Для обслуговування установок на висоті більше 1,8м повинні бути присутні стаціонарні сходи, огороджені майданчики. Ширина сход повинна бути не менше 0,7м, крок не більше 0,25м, нахил не більше 45°С (до рідко обслуговуємого обладнання – не більше 60°С).

Освітлення майданчиків обслуговування повинно відповідати встановленим нормам.

Всі рухомі механізми та установки повинні мати загороду.

Газоходи гарячих газів повинні бути обладнані запобіжними приладами з відводами, які забезпечують відведення газів до місць, які є безпечними для обслуговуючого персоналу.

Контроль за дотриманням безпечного обслуговування газопилевловлюючих установок полягає на місцеві органи інспекції технічного нагляду за роботою газоочисних установок.

На металургійних підприємствах, як правило, організовані газорятувальні станції з постійним штатом, оснащеним автотранспортом та спеціальним обладнанням.

Відповідальні:

- за експлуатацію – начальник УОГ;

- за обладнання та ремонт – зам. начальника цеха з обладнання;

- за електрообладнання і ремонт – зам. начальника цеха з електрообладнання [[14].

3.4 Пожежна профілактика

Протипожежна безпека забезпечує у приміщеннях з горючими речовинами обмеження їх кількості та ізоляцію горючої середи, а також передбачено розповсюдження можливого загорання. Приміщення роблять ефективними для вогнегаснення, організовують безперешкодну евакуацію людей, використовують сигналізацію.

За пожежною небезпекою будівля мартенівського цеху відносяться до категорії "Г", площадки на газопроводах і вимикаючих пристроях - категорія "А" клас зони В-Іа за правилами будови електроустановок ПБЕ. До категорії «Г» належать негорючі речовини і матеріали в гарячому, розпеченому або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор та полум'я; горючі гази, рідини і тверді речовини, які спалюються або утилізуються як паливо. До категорії «А» відносяться горючі гази, легкозаймисті рідини з температурою спалаху не більше 28 °С у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, що перевищує 5 кПа.

Небезпечні фактори, які впливають на людей та матеріальні цінності:

- полум'я та іскри;

- підвищена температура навколишнього середовища;

- токсичні продукти горіння і термічного розкладання;

- дим;

- знижена концентрація кисню.

Територія, прилегла до будівель мартенівського цеху повинна постійно утримуватися в чистоті. Дороги, під'їзди до зданим цеху, пожежних гідрантів завжди повинні бути вільними. Стоянка транспорту біля наскрізних проїздів на відстані менше 10 м і менш ніж 5 м від пожежних гідрантів забороняється.

Протипожежний захист має досягатися застосуванням одного з таких способів або їх комбінацією [15]:

- застосуванням засобів пожежогасіння та відповідних видів пожежної техніки;

- застосуванням автоматичних установок пожежної сигналізації та пожежогасіння;

- застосуванням основних будівельних конструкцій та матеріалів, в тому числі використовуваних для облицювань конструкцій, з нормованими показниками пожежної небезпеки;

- застосуванням прописки конструкцій об'єктів антипіренами та нанесенням на їх поверхні вогнезахисних фарб (складів);

- пристроями, що забезпечують обмеження поширення пожежі;

- організацією з допомогою технічних засобів, включаючи автоматичні, своєчасного оповіщення та евакуації людей;

- застосуванням засобів колективного та індивідуального захисту людей від небезпечних факторів пожежі;

- застосуванням засобів протидимного захисту.

Для пожежної техніки повинні бути визначені:

- швидкодія та інтенсивність подачі вогнегасних речовин;

- допустимі вогнегасні речовини (у тому числі з позиції вимог екології та сумісності з палаючими речовинами і матеріалами);

- джерела і засоби подачі вогнегасних речовин для пожежо-гасіння;

- нормативний (розрахунковий) запас спеціальних вогнегасних речовин (порошкових, газових, пінних, комбінованих);

- необхідна швидкість нарощування, подачі вогнегасних речовин за допомогою транспортних засобів оперативних пожежних служб;

- вимоги до стійкості від впливу небезпечних факторів пожежі та їх вторинних проявів;

- вимоги техніки безпеки.

Кожен об'єкт повинен мати таке об'ємно-планувальне і технічне виконання, щоб евакуація людей з нього була завершена до настання гранично допустимих значень небезпечних чинників пожежі, а при недоцільності евакуації був забезпечений захист людний в об'єкті. Для забезпечення евакуації необхідно:

- встановити кількість, розміри, і відповідне конструктивне виконання евакуаційних шляхів і виходів;

- забезпечити можливість безперешкодного руху людей по евакуаційним шляхами;

- організувати при необхідності управління рухом людей по евакуаційним шляхам (світлові покажчики, звукове та мовне оповіщення).

Протипожежні системи, установки, устаткування приміщень, будівлі (пожежна автоматика, протипожежне водопостачання, протипожежні двері, клапани тощо) повинні постійно утримуватися в справному стані. Виробничі приміщення, їх обладнання необхідно щомісяця очищати від пуху, пилу та інших горючих відходів. Спецодяг працівника повинна своєчасно піддаватися прання та ремонту, для чого повинен бути чіткий порядок заміни промасленого одягу на чисту. Для виконання робіт підвищеної пожежної небезпеки допускається персонал, який пройшов навчання, склав іспит і отримав інструктаж на робочому місці.

Робота технологічного устаткування і його навантаження повинні відповідати вимогам паспортних даних і технологічного регламенту. Температура поверхонь устаткування під час роботи не повинна

перевищувати температуру навколишнього повітря більш ніж на 45 °С (у всіх випадках повинна бути не вище 60 °С). Гарячі поверхні трубопроводів у приміщеннях, в яких вони викликають небезпеку займання матеріалів або вибуху газів, парів рідин або пилу, повинні ізолюватися негорючими матеріалами для зниження температури поверхні до безпечної величини.

Приміщення повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння: вогнегасниками, укомплектованими пожежними кранами і т.д., які повинні використовуватися для гасіння пожежі. Пожежні щити (стенди) встановлюються на території об'єкта з розрахунку один щит (стенд) на площу 5000 м^2. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщаються на ньому, слід включати: вогнегасники - 3 шт., ящик з піском - 1 шт., покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром 2×2 м - 1 шт., гаки - 3 шт., лопати - 2 шт., ломи - 2 шт., сокири - 2 шт.

Для тушіння пожежі в приміщення мартенівського цеху в початковій стадії застосовуються такі первинні засоби пожежогасіння:

- вогнегасники (об'ємом до 10 л);

- внутрішні пожежні крани (розташовані в коридорах);

- інвентар пожежних щитів.

Розрізняють такі класи пожежі горючих речовин і матеріалів:

- клас А - пожежі твердих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір);

- клас В - пожежі горючих рідин або плавких твердих речовин;

- клас С - пожежі газів;

- клас D - пожежі металів та їх сплавів;

- клас (Е) - пожежі, пов'язані з горінням електроустановок.

У приміщенні УПОС заходиться один вогнегасник вуглецевий переносний. Вид вогнегасної речовини CO_2 (діоксид вуглецю), вогнегасник застосовують при температурі від -20 до +50°С; рідкий, низькотемпературний. При використанні вогнегасників відстань до

палаючого предмету повинна бути не менше 1м. Вуглецевими та порошковими вогнегасниками дозволяється гасити електроустановки під напругою до 1000 В.

Таблиця 3.4 –Норми оснащення приміщень ручними вогнегасниками

Категорія приміщення	Гранично захищена площа, $м^2$	Клас пожежі	Пінні та водні вогнегасники місткістю	Порошкові вогнегасники місткістю, л/масою вогнегасної речовини, кг			Хладонові вогнегасники місткістю 2 (3) л	Вуглекислотні вогнегасники місткістю, л/масою вогнегасної речовини, кг	
			10 л	2/2	5/4	10/9		2/2	5(8)/3(5)
Г	800	В	2+	-	2++	1+	-	-	-
		С	-	4+	2++	1+	-	-	-
		(Е)	-	2+	2++	1+	2+	4+	2++

Знаком "++" позначені рекомендовані до оснащення об'єктів вогнегасники, знаком "+" - вогнегасники, застосування яких допускається при відсутності рекомендованих і при відповідному обгрунтуванні, знаком "-" - вогнегасники, які не допускаються для оснащення даних об'єктів. Для порошкових вогнегасників та вуглекислотних вогнегасників наведена подвійна маркування: стара маркування по місткості корпусу, л/нова маркування за масою вогнегасної речовини, кг. При оснащенні приміщень порошковими і вуглекислотними вогнегасниками допускається використовувати вогнегасники як зі старою, так і з новою маркуванням.

Послідовність дій при використанні вогнегасників:

- зняти вогнегасник із кронштейна, зірвати пломбу;

- направити розтруб на джерело пожежі, зафіксувати в цьому положенні (для вуглекислотних вогнегасників);

- піднести до джерела пожежі;

- відкрити вентиль або натиснути рукоятку клапана запірно-пускового пристрою;

- направити струмінь вогнегасної речовини на осередок пожежі.

Застосування внутрішніх пожежних кранів для гасіння матеріальних цінностей здійснюється після обов'язкового відключення електроенергії у відповідному приміщенні, щоб уникнути ураження електричним струмом. Не допускається застосування повітряно-пінних вогнегасників (ВПП-10) і води з пожежних кранів для гасіння електроустановок під напругою [15].

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У кваліфікаційній роботі розглянуто призначення та принцип дії установки камерного типу «електропіч-ковш», розглянуто установку уловлення пилу від «електропіч-ковша» в умовах мартенівського виробництва. Розглянуто очистку запиленого газу від «електропіч-ковша». Для того щоб газ із печі потрапляв до атмосфери очищеним, він проходить газоочисну установку – сухий горизонтальний електрофільтр типу ЕГА1, а потім за допомогою димососу викидається до атмосфери.

В загальній частині розглянуто технологію обробки сталі на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху. Встановлено, що під час технологічного процесу утворюються забруднювачі: пил та гази. Охарактеризовано шкідливі речовини, які містяться у пилогазових викидах – в основному пил Fe_2O_3 – 93%, NO_x (діоксид та оксид азоту)– 36,31%, CO (оксид вуглецю) – 1,56%, SO_2 (сірчистий газ)– 14,0%.

У спеціальній частині кваліфікаційної роботи проведено аналіз кількісного та якісного складу викидів від установки та їх вплив на довкілля. Оглянуті існуючі схеми очистки газу. Встановлено, що запилений газ від «електропіч-ковша» можливо очищувати не лише за допомогою електрофільтру ЕГА1, але також електрофільтрами типу С і ПГ – однопільні вертикальні трубчасті електрофільтри; електрофільтром типу УГ – уніфікований, горизонтальний; електрофільтрами серії УВ – уніфіковані, вертикальні сухі електрофільтри призначені в основному для очищення газів аспіраційних систем з температурою до 250°С. Розглянуто облаштування та принцип дії електрофільтру ЕГА1.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуто заходи з охорони праці та протипожежної безпеки при експлуатації газоочисного обладнання; робочі інструкції та правила по використанню установок; вимоги до експлуатації газоочисного обладнання, які представлені у «Правилах технічної експлуатації газоочисних та пиловловлюючих

установок». Проаналізовано основні шкідливі та небезпечні фактори на дільниці позапічної обробки сталі в мартенівському цеху, запропоновано заходи зі зниження шкідливостей та небезпечностей.

Усі перераховані заходи дозволять знизити негативний вплив мартенівського виробництва на довкілля та працюючий персонал.

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.