

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 бакалаврської роботи

рівень вищої освіти _____ перший (бакалаврський) рівень _____

на тему Проект системи очищення технологічних газів мартенівського виробництва

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1839-д

Самокиш А.Р.

(ПІБ)



(підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

спеціалізація

(шифр і назва)

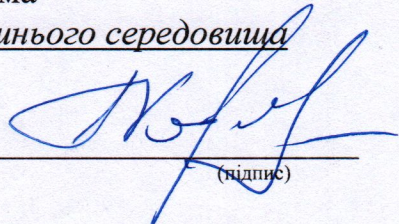
освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Кожсякін Г.Б.

(прізвище та ініціали)



(підпис)

Запоріжжя - 2023 року

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

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень

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. Белоконь

“ 29 ” 12 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТУ

Самокишу Андрію Руслановичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проект системи очищення технологічних газів мартенівського виробництва

керівник роботи (проекту) доц., к.т.н. Кожемякін Геннадій Борисович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “29” 12 2022 року № 1893-с

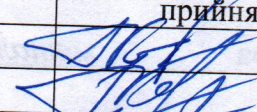
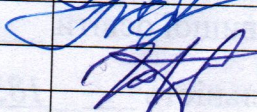
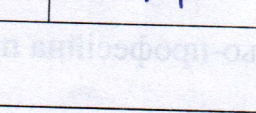
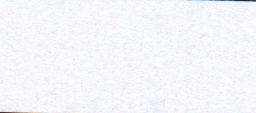
2. Строк подання студентом роботи (проекту) 14.06.2023

3. Вихідні дані до роботи (проекту) Витрата технологічних газів - 150 тис нм³/год, Початковий вміст пилу - 4,0 г/м³, Температура газів - 750°C,

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Технологія виплавки сталі в мартенівських печах. Джерела утворення викидів мартенівського виробництва. Обґрунтування способу очистки газів та утилізації тепла. Розрахунок споруджень ситем очистки технологічних газів та утилізації тепла. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Креслення, презентаційний матеріал: План та розріз мартенівського цеху. Мартенівська піч. Технологічна схема очистки газу. План та розріз газоочистки. Основні апарати схеми очистки газів. Охорона праці.


6. Консультанти розділів проекту (роботи)

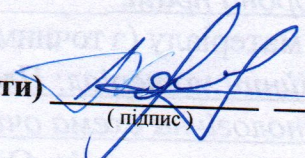
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Розділ 1	Кожемякін Г.Б., доцент	
Розділ 2	Кожемякін Г.Б., доцент	
Розділ 3	Кожемякін Г.Б., доцент	
Нормоконтроль	Белоконь Ю.О. зав.каф.	

7. Дата видачі завдання 02.01.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Загальна частина	02.2023-03.2023	
2	Спеціальна частина	03.2023-04.2023	
3	Охорона праці	05.2023	
4	Креслення	05.2023	

Студент  А.Р.Самокиш
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)  Г.Б. Кожемякін
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційний проект: 70 стор., 7 рис., 7 табл., 27 джерел, 7 креслень

ВИКИДИ, МАРТЕНІВСЬКА ПІЧ, КОТЕЛ-УТИЛІЗАТОР, ГАЗООЧИЩЕННЯ,
СКРУБЕР ВЕНТУРИ.

Об'єкт дослідження – виробництво сталі мартенівським способом.

Мета кваліфікаційного проекту:

Кваліфікаційний проект з технологій захисту навколишнього середовища спрямований на підтвердження теоретичних та практичних знань, набутих при навчанні за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища».

В кваліфікаційному проекті виконаний розрахунок системи мокрого очищення газів від мартенівських печей з утилізацією фізичного тепла.

Кваліфікаційний проект складається з трьох розділів.

Розділ 1. Теоретична частина, яка включає в себе опис джерел утворення газових викидів, а саме: характеристику пилогазових викидів, опис способів очищення та обґрунтування вибору схеми очистки газів..

Розділ 2. Розрахункова частина, що включає опис запропонованої схеми очищення газових викидів та принцип її роботи. Проведений розрахунок апаратів по очищенню газів, утилізації тепла, а також аеродинамічний розрахунок газового тракту з вибором тяглодутьтєвого обладнання.

Розділ 3. Охорона праці та техногенна безпека. Виявлені основні небезпечні та шкідливі фактори виробничого середовища та запропоновані заходи щодо їх усунення.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Будова мартенівських цехів та технологічних агрегатів	9
1.1.1 Обладнання мартенівського цеху	9
1.1.2 Конструкція мартенівських сталеплавильних печей	11
1.2 Технологія мартенівського виробництва	16
1.2.1 Сировина для виплавки сталі	16
1.2.2 Приймання в міксерне відділення, зберігання в міксерах та видача рідкого чавуну для сталеплавильних печей	17
1.2.3 Виплавляння сталі в мартенівській печі.....	18
1.3 Характеристика пилогазових викидів мартенівського виробництва	23
1.3.1 Кількість, склад і параметри газів мартенівських печей	24
1.3.2 Кількість і фізико-хімічні властивості пилу	26
1.4 Описання способів та схем очищення газових викидів	31
1.5 Аналіз та обґрунтування схеми очищення.....	36
1.6 Утилізація тепла мартенівського виробництва	37
2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА	39
2.1 Котел-утилізатор	39
2.2 Розрахунок скрубера Вентурі	41
2.3 Аеродинамічний розрахунок тракту, що газовідводить	44
2.4 Розрахунок і вибір тягодуттєвого устаткування	48
3 ОХОРОНА ПРАЦІ	50
3.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища мартенівського цеху	50
3.2 Визначення ступеня безпеки мартенівського виробництва	53
3.3 Заходи по забезпеченню безпеки праці	55
3.4 Технічні рішення з промислової гігієни та виробничої санітарії	58
3.4.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруджень	58
3.4.2 Опалювання і вентиляція	59

3.4.3 Освітлення	60
3.4.4 Санітарно-побутові приміщення	61
3.4.5 Виробничий шум, виробнича вібрація	62
3.4.6 Виробничі випромінювання	63
3.5 Заходи з електробезпеки	63
3.6 Заходи пожежної безпеки	65
ВИСНОВКИ	67
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	68

ВСТУП

XXI століття принесло людству чимало благ, пов'язаних з бурхливим розвитком науково-технічного прогресу, і в той же час поставив життя на Землі на грань екологічної катастрофи. Зростання населення, інтенсифікація видобутку і викидів, що забруднюють Землю, приводять до корінних змін у природі і відображаються на самому існуванні людини. Частина з таких змін надзвичайно сильна і настільки широко поширена, що виникають глобальні екологічні проблеми. Є серйозні проблеми забруднення (атмосфери, вод, ґрунтів), кислотних дощів, радіаційного ураження території, а також втрати окремих видів рослин і живих організмів, збідніння біоресурсів, збезлісення і опустелювання територій.

Сучасний високий рівень виробництва заснований на теоретичних дослідженнях і відкриттях, зроблених у різних країнах, і на багатому практичному досвіді. Проблеми виникають в результаті такої взаємодії природи і людини, при якому антропогенне навантаження на територію (її визначають через техногенне навантаження і щільність населення) перевищує екологічні можливості цієї території, обумовлені головним чином її природно-ресурсним потенціалом і загальною стійкістю природних ландшафтів (комплексів, геосистем) до антропогенних впливів.

Сучасне металургійне підприємство з виробництва чорних металів має наступні основні переділи: виробництво окатишів та агломерату, коксохімічне, доменне, сталеплавильне і прокатне виробництва. До складу підприємств можуть входити також феросплавне, вогнетривке і ливарне виробництва. Всі вони є джерелами забруднення атмосфери і водойм. Крім того, металургійні підприємства займають великі виробничі площі та відвали, що передбачає відчуження земель. Концентрація шкідливих речовин в атмосфері і водному середовищі великих металургійних центрів значно перевищують норми

Всі відомі технологічні процеси, виробництва чавуну, сталі і їх подальшого переділу супроводжуються утворенням великих кількостей відходів у вигляді шкідливих газів і пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні ком-

поненти, скрапу, окалини, бою вогнетривів, сміття та інших викидів, які забруднюють атмосферу, воду і поверхню землі.

Найбільш ефективним засобом боротьби з викидами пилу і шкідливих газоподібних компонентів в повітряний басейн підприємствами є установка газоочисних апаратів. Однак, як показала практика, пилегазовиділення можна значно скоротити шляхом їх придушення і локального відсмоктування, а також здійснення ряду заходів технологічного та планувального характеру. В першу чергу слід впроваджувати маловідходну технологію, що дозволяє значно зменшити навантаження на газоочисні апарати і тим самим підвищити ефективність їх роботи, а іноді і обійтися без їх установки.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

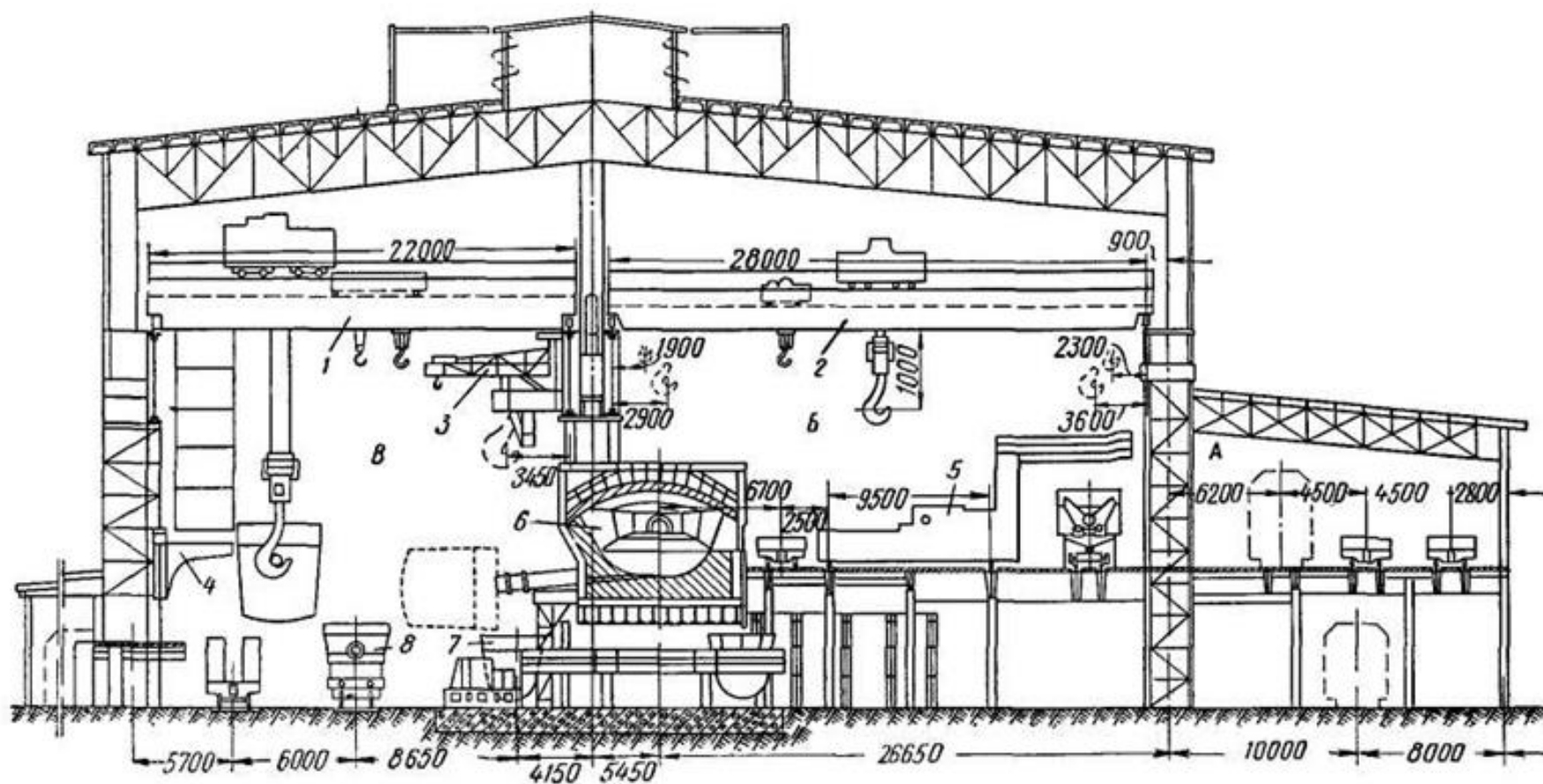
1.1 Будова мартенівських цехів та технологічних агрегатів

1.1.1 Обладнання мартенівського цеху

Мартенівські цехи (рис. 1.1) оснащені високопродуктивним обладнанням, високим ступенем механізації трудомістких робіт та автоматизації процесів виробництва сталі. До складу мартенівського цеху входять такі відділення: головний корпус, шихтове відділення, міксерне відділення, відділення обробітку злитків, парк охолодження виливниць, відділення чищення та змащення виливниць, двір виливниць. У головному корпусі, де розміщуються мартенівські печі, знаходяться три відділення: шихтовий двір, пічний та розливний прольоти[1].

Рідкий чавун у чавуновозних ківшах надходить із доменного цеху до міксерного відділення, де за допомогою спеціального мостового крана його заливають у 1300-тонний міксер. Для безперебійної подачі рідкого чавуну в мартенівські печі встановлені два міксери, розташовані в окремій будівлі. З міксерного відділення рідкий чавун у чавуновозах подається електровозом естакадою на робочий майданчик пічного прольоту. У печі чавун заливають через вікна на підвісному жолобу за допомогою крана заливки вантажопідйомністю 125/35 т [2].

Холодну шихту – сипучі матеріали та металевий брухт – зберігають у шихтовому відділенні, розташованому в окремій будівлі та обладнаному грейферним та магнітним кранами. З шихтового відділення матеріали подають до мартенівських печей мульдами місткістю 3,3 м³, встановлених на спеціальних візках, що утворюють склади. По дорозі візки зважують на залізничних терезах. Завантажують шихту в піч завалочними машинами для підлоги з вантажопідйомністю 7,5 т.



А-шихтовий відкриток; Б-пічний проліт; В-розливний проліт; 1-розливний кран вантажопідйомністю 320/50/15 т; 2-заливальний кран вантажопідйомністю 125/30 т; 3-настінний консольний кран, 7,5 т; 4-пересувний консольний поворотний кран вантажопідйомністю 1,5 т; 5-завалочна машина, 7,5 т; 6-мартенівська піч 500 т; 7-сталерозливний ківш ємністю 250 т; 8-шлаковий ківш.

Рисунок 1.1 - Розріз головної будівлі мартенівського цеху

У пічному прольоті на робочому майданчику проходять дві залізничні колії для подачі складів з мульдами та ковшів з чавуном і один для пересування завалочних машин уздовж фронту печей. Заправні матеріали транспортують у переносних бункерах, пристосованих на заправні машини стрічкового типу.

З мартенівської печі готову сталь випускають у розливному прольоті по роздвоєному жолобі в сталерозливні 250-тонні ковші, що стоять на стендах. Після закінчення випуску сталерозливний ківш переносять мостовим краном до сталерозливного майданчика, де сталь розливають у виливниці, встановлені на візках. Розливний проліт мартенівських цехів обладнаний кранами вантажопідйомністю на траверсах 320 т та допоміжних підйомах 50/15 т.

Шлак з робочого простору печей випускають через середні вікна завалки в шлакові ковші місткістю 16 м³, встановлені на візках під робочим майданчиком. Заповнені ковші висувають канатною лебідкою із системою поліспаств у розливний проліт, де їх встановлюють краном на шлаковози.

Склад візків із залитими виливницями після охолодження стали направляють у відділення роздягання злитків, де їх відокремлюють від виливниць спеціальними кранами. Зливки, що сильно приварилися до виливниць, витягують за допомогою установки для підлоги. Після вилучення зливки направляють у будівлю нагрівальних колодязів прокатного цеху або склад. Охолоджені порожні виливниці подають у відділення механізованого чищення та мастила. Потім склади візків з виливницями транспортують у двір виливниць, де проводять підготовку виливниць до наступного приймання металу [2].

1.1.2 Конструкція мартенівських сталеплавильних печей.

Основним агрегатом мартенівського цеху є мартенівська піч (рис. 1.2). Мартенівські печі характеризуються ємністю, яка відповідає масі металевої садки (чавуну і скрапу). Фасоносталеливарні цехи, де сталь використовується для відливання виробів, обладнують печами ємністю 5-100т; на металургійних заводах найбільше поширення отримали печі ємністю 250- 600 і до 900 т. За добу піч ви-

дає 1,5-2,5 плавки. Питома продуктивність мартенівських печей становить в середньому 6-10 т на 1м² площі поду в добу (площа поду умовно заміряється на рівні порога завалочних вікон). Питома витрата тепла коливається від 3760 - 4000 кДж/кг (900-1300 ккал/кг) сталі для великих печей і до 840 кДж/кг (2000 ккал/кг) для малих печей [4].

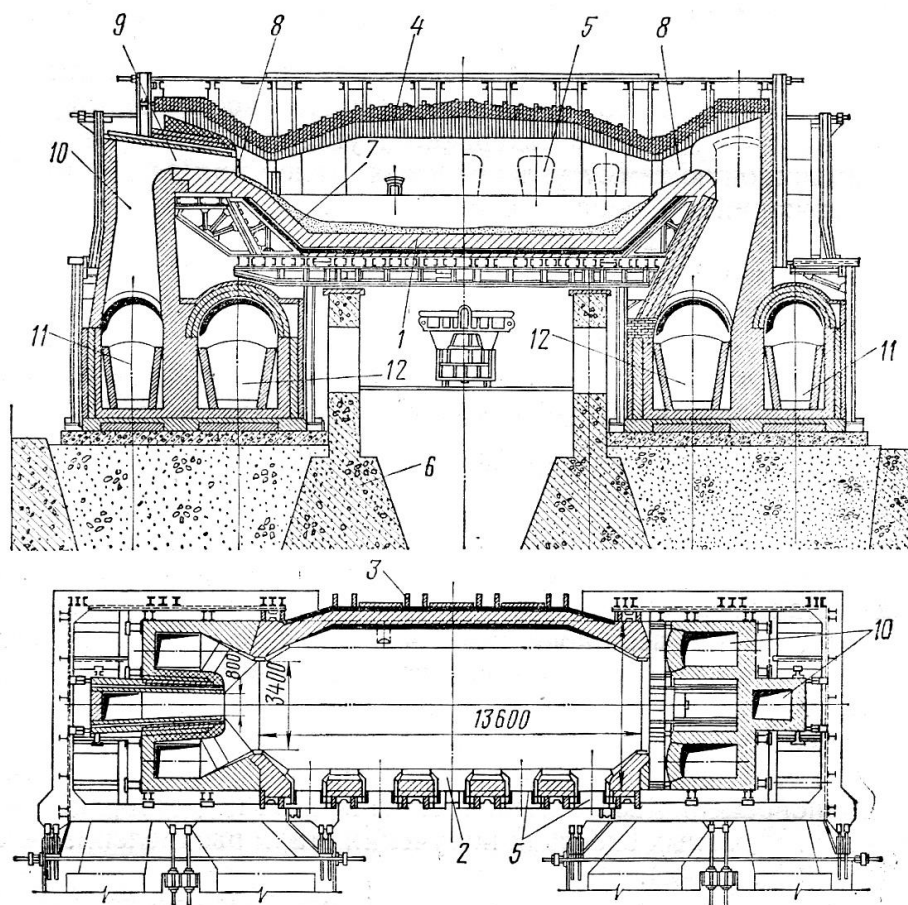
Умовно всю будову мартенівської печі ділять на верхню та нижню частини. До верхньої будови відносять: робочий простір печі, головки та вертикальні канали. Нижня частина складається з шлаковиків, регенераторів, боровів та перекидних каналів.

Робочий простір печі створюється знизу подом, з боків – поперечними та поздовжніми укосами, передньої та задньої стінками, а зверху перекрито склепінням. Нижня частина робочого простору від поду до рівня порогів робочих вікон є ванною. У ванну завантажують шихтові матеріали, у ній утворюються, прогриваються та реагують один з одним та атмосферою розплави. Нахили поду печі забезпечують стікання розплавів до центру поду і в напрямку випускного отвору. Простір над ванною визначається висотою склепіння рівня порогів робочих вікон у центрі печі. Площа поду мартенівської печі має не тільки конструктивне значення, а й технологічне, оскільки визначає теплосприймаючу поверхню та площу контакту металу та шлаку.

Опорні конструкції. Вага верхньої будови печі та матеріалів, що в ній знаходяться, передається трапецеїдальними залізобетонними засадами на фундамент. На традиції кладуть литі чавунні плити, на них - поздовжні балки, що несуть. На поздовжні балки кладуть поперечні, але в них – сталевий лист 20 – 30 мм, у якому викладають по печі.

Пристрій поду. Кладка пода працює 5 - 7 років без зміни, тому ретельно викладатися, щоб рідкий метал не пішов з ванни. При викладанні основної мартенівської печі на опорний лист кладуть азбест 20 – 30 мм, на нього 1 – 2 ряди шамотної цегли та шар магнезитової кладки на сухому порошку. По довжині та ширині печі встановлюють температурні шви 2 – 4 мм, які компенсують теплове розширення кладки. На цегляній кладці пода створюють робочий наварний шар, що

безпосередньо сприймає механічні, хімічні та теплові впливи на під. Загальну товщину печар роблять близько 1000 – 1200 мм.



1 – під печі; 2 – передня стінка; 3 – задня стінка; 4 – склепіння; 5 – завантажувальні вікна; 6 – бетонні опори; 7 – укіс; 8 – повітряний канал (головки); 9 – газовий канал; 10 – вертикальні канали; 11 – шлаковики газового регенератора; 12 – шлаковики повітряного регенератора.

Рисунок 1.2 – Мартенівська піч (розріз та план):

Задня та передня стінки. Кладка передньої стінки працює у виключно важких умовах, оскільки ослаблена отворами робочих вікон і, крім агресивного впливу смолоскипа та шлаку, на неї діє атмосферне повітря, що проникає через робочі вікна. Догляд за нею (тобто заправка) утруднений. Для поліпшення заправки та підвищення стійкості передня стінка основної печі має нахил 100 у бік робочого майданчика до вертикальної площини, для цього стійки арматури вигинають.

Простінки між вікнами – стовпчики викладають із магнезитової цегли на сухому магнезитовому порошку. У передній стінці роблять п'ять вікон. Нахил задньої стінки більший, ніж передній. Для поліпшення заправки нахил задньої стінки наближають до куту природного укосу матеріалів, тобто. 45° , для зменшення теплових втрат магнезитову кладку задньої стінки із зовнішнього боку ізолюють пористою шамотною цеглою.

Склепіння робочого простору. Донедавна склепіння викладали або тільки з диасової цеглини, або з магнезитохромітової цеглини. При їх використанні з багатьох причин склепіння може рано вийти зі стоячи. Тому почав застосовуватися склепіння особливої конструкції - розпірно-підвісний. У цьому склепінні між цеглою ставлять прокладки, залізні пластини (0,5 і 2 мм), цегла з'єднують штирями (16 – 20 мм). Прокладки та штирі окислюються та зварюються з цеглою, утворюючи моноліт. Застосування штирів і пластин дозволяє підвісити блоки цеглини до металевих косинців, покладених уздовж склепіння. До цих косинців кріпляться тяги та підвішуються до спеціальних дуг. Протидія витрішуванню склепіння створюють завязі трубки, надіті на тяги. Склепіння п'ятами спирається на підп'ятові балки.

Арматура робочого простору. Кладка печі укріплена металевим каркасом із вертикальних та горизонтальних рамних конструкцій. Створений каркас надовго забезпечує незмінність та міцність кладки печі. Передню та задню стінки облицюють металевими плитами, які кріплять болтами до стійок. На рівні порогів робочих вікон до облицювальних плит кріплять болтами товсті до 150 мм чавунні порогові плити. Рами завалочних вікон представляють порожнисту зварену з листового металу конструкцію, що кріпиться знімними болтами до стійк передньої стінки, і внизу, що впирається в поглиблення порогових плит. Заслінка представляє порожнисту металеву зварну конструкцію, що охолоджується водою, зсередини футеровану шамотною або магнезитохромітовою цеглою.

Головки. Призначення головок полягає у подачі палива та окислювача у кількостях, що забезпечують повне згоряння пального зі створенням настільного, необхідної довжини, жорсткого, стійкого факела, а також у відведенні продуктів

згоряння з робочого простору печі. Для оптимальних умов спалювання палива та теплообміну у робочому просторі печі необхідно створити великі швидкості виходу палива та повітря з головок. Для цього треба мати невеликі вихідні площі перерізу головних прольотів. Для хорошого відведення продуктів горіння з робочого простору ті ж перерізи повинні бути найбільшими. Забезпечення таких суперечливих завдань, а також служба головок в умовах високих температур, гідродинамічних впливів газових потоків і осадження продуктів горіння значних кількостей пилу створюють великі труднощі у створенні раціональних конструкцій і тому вдосконалюються, безперервно змінюючись.

Шлаковики служать для осадження в них більшої частини пилу (близько 75%), що міститься у продуктах горіння. Шлаковики являють собою великі камери, в яких швидкість руху продуктів згоряння різко зменшується: в результаті цього, а також зміни напрямку руху на 90° пил осідає на дно шлаковика. Кількість шлаку, що осідає в шлаковиках, становить від 6 до 12 кг на 1 т сталі.

Регенератори – великі камери, усередині яких викладають насадку з вогнетривкої цегли. Регенератори споруджують під робочим майданчиком, тобто. роблять їх виносними з вертикальним рухом газів. Леща регенератора лежить на бетонній подушці. Стіни регенератора та шлаковиків укладені в сталевий кожух і мають жорстке кріплення із сталевих стійок та рам. Регенератори повинні забезпечити більш менш постійну температуру газу і повітря протягом кампанії печі. Теплообмін у регенераторах визначається обсягом, поверхнею нагріву, формою насадки, розмірами осередків та матеріалом насадки. Передача тепла в насадках регенераторів відбувається випромінюванням та конвекцією. Повітря сприймає тепло тільки конвекцією, тому що воно променепрозоре.

Борова. Продукти горіння з-під регенераторів відводяться в бори повітряного та газового регенераторів, а потім до загального димового бору і труби. Борова мають нижче рівня підлоги. Перетин борів розраховують за кількістю продуктів горіння, виходячи із заданої швидкості газових потоків при 0 °C в газовому боріві 1,5 – 2,0 м/сек, повітряному 2,0 – 3,0 м/сек, загалом 2,5 – 4,0 м/с.

Перекидні пристрої існують для зміни напрямку згоряння повітря та пального газу та їх кількісного регулювання. Зміна напрямку газопотоків здійснюється за допомогою клапанів, тому цю операцію називають перекиданням клапанів. Застосовуються такі перекидні пристрої: тарілчастий димовий клапан із гідрозатвором та тарілчастий газовий клапан із гідрозатвором. Подача газу та повітря в піч регулюється автоматично зміною положення тарілки щодо сідла клапана. Дим між повітряним і газовим регенераторами розподіляється шиббером вертикального типу, встановленим у борві повітряного регенератора на вході до загального бору. Тиск у печі регулюють димовим шиббером похилого типу [5].

1.2 Технологія мартенівського виробництва

Перетворення чавуну на сталь передбачає окислення його домішок, отже, процес має бути окислювальним і в мартенівській печі повинні створюватися окислювальні умови. Щоб нагріти та розплавити тверді матеріали, підвищити температуру розплавів та здійснити фізико-хімічні процеси перетворення чавуну на сталь, необхідний безперервний приплив тепла.

1.2.1 Сировина для виплавки сталі

До шихтового відділення мартенівського цеху надходять :

- а) металеві шихтові матеріали: оброблений сталевий брухт, його відходи, пакети легковагового брухту, скрап, оброблені "козли", пакетована або брикетована стружка, обрізки слябів та листів, оброблений чавунний брухт та інше;
- б) окислювачі: залізняк, прокатна окалина тощо;
- в) розкислювачі та легуючі добавки: феромарганець, феросиліцій, силікомарганець, феротитан, алюміній, крем'янисті відходи тощо;
- г) флюсуючі матеріали: вапняк, вапно, боксит;
- д) заправні матеріали: доломіт сирий, доломіт обпалений, порошок магнетитовий, порошок для торкретування [6].

Рідкий чавун повинен відповідати вимогам:

- Хімічний склад, %: Si - 0,6 ... 0,9; Mn \geq 0,3; S \leq 0,04;
- Товщина шлаку в ківшах повинна бути не більше 50 мм [6].

Температура рідкого чавуну в міксерах повинна підтримуватись у межах 1320-1380°C шляхом періодичного регулювання витрати пального на пальники. Для зниження вмісту сірки в чавуні роблять примусове завантаження шлаку з міксера [2].

Металевий брухт. Вуглецевий сталевий металобрухт не повинен містити відходів легованої сталі, кольорових металів та сплавів. Приймання металобрухту має проводитися за чистою вагою. Засміченість нешкідливими домішками має перевищувати норм цієї групи і класу. Розвантаження металобрухту, що надходить, здійснюється безпосередньо в мульди або скрапні ями. Рекомендована вага брухту у складі мартенівських печей – 85 – 110 т.

Окислювачі. У шихтове відділення приймається залізняк. У разі надходження до шихтового відділення залізняку, що не відповідає вимогам, вагони із забракованою залізною рудою переадресовуються в доменний цех.

Прокатна окалина - з цеху гарячої прокатки тонкого листа складається з 90% Fe₂O₃ та 10% FeO.

Флюсуючі матеріали. У шихтове відділення приймається вапняк флюсовий. Вапно обпалене металургійне надходить з вапнякових обпікальних печей. Кількість недопала – трохи більше 15%, розмір шматків – трохи більше 130 мм; пушонка не допускається.

1.2.2 Приймання в міксерне відділення, зберігання в міксерах та видача рідкого чавуну для сталеплавильних печей

Для запобігання охолодженню чавуну та забезпечення нагріву вогнетривкої кладки міксери опалюються природним газом за допомогою пальників встановлених у торцях та зливному носінні. З надходженням чавуну до міксерного відділення має бути відомий його хімічний склад; зливати в міксери чавун із невідомо-

ним хімічним складом забороняється. Температура рідкого чавуну в міксерах повинна підтримуватись в межах 1320 – 1380 °С шляхом періодичного регулювання витрати пального на пальники. Вимірювання температури здійснюється через зливний носок міксера за допомогою ручної термомпари, занурення якої проводиться в кінці кожної зміни.

Контроль хімічного складу чавуну здійснюється за пробами, що відбираються з міксерів через кожні дві години. У пробах визначається вміст кремнію, марганцю та сірки. Для зниження вмісту сірки в чавуні проводиться примусове завантаження шлаку з міксера [2].

Перед початком зливу рідкого чавуну в ківш подається звуковий сигнал, що попереджає про поворот бочки міксера. Чавун, що видається з міксерів, повинен обов'язково зважуватися із зазначенням попередньої маси чавуну у вертикальній квитанції, що направляється на печі разом з чавуном. Остаточна кількість залитого в печі чавуну визначається після повторного тарування чавуновозних лафетів з ковшами на терезах міксерного відділення. Перед видачею чавуну з міксера чавуновозні ковші ретельно оглядаються – вони мають бути у справному стані.

1.2.3 Виплавлення сталі в мартенівській печі

Технологічний процес отримання сталі в мартенівських печах включає декілька періодів: заправку печі, завалку шихти, заливку чавуну, плавлення шихти, доведення плавки, розкислювання, легування і випуск сталі з печі [7].

Заправка печі. Початком періоду заправки вважається початок випуску попередньої плавки. Заправну машину слід подавати до печі до початку випуску плавки. Заправку печі проводять у мінімально короткий час при високій температурі робочого простору, не допускаючи його остуджування, що сприяє кращому приварюванню заправних матеріалів, зменшенню їхньої витрати, підвищенню стійкості печі, зниженню втрат тепла, гарячому ходу наступних періодів, скорочення тривалості плавки.

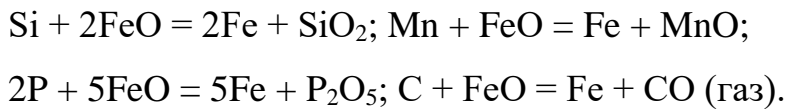
Завалка. При продуванні ванни киснем завалка шихти проводиться наступним чином: на подину завалюється легковагий брухт, потім вапняк, пакети, скрап і «козли», обріз слябів і бій злитків. Для печей, без продування ванни киснем, встановлюється наступний порядок завалки шихти: залізняк (50 – 60% від загальної витрати), вапняк, залізняк (інша частина), металобрухт (у зазначеному вище порядку). Завантаження печі скрапом та рудою здійснюють за допомогою завалочної машини, яка бере хоботом мульду (короб) з скрап або рудою, вводить її в піч через робочі вікна, улаштовані в передній стіні, і там, перекидаючи, вивантажує. Завалку всіх шихтових матеріалів необхідно проводити якнайшвидше при максимальному тепловому навантаженні без зниження температури склепіння печі нижче 1500 °С.

Прогрівання шихти. Для забезпечення швидкої заливки чавуну з наступним енергійним протіканням реакцій у ванні і спуском шлаку потрібне обов'язкове прогрівання шихти без закозлення і місцевого її розплавлення. Прогрів шихти вважається закінченим при невеликому її осіданні, легкому оплавленні кромки та зникненні плям на поверхні брухту [8]. Заливка чавуну на непрогріту шихту призводить до утворення у нижніх шарах ванни «козлів». При цьому уповільнюється окиснення вуглецю, погіршується формування шлаку, процес плавлення затягується, плавка протікає холодно.

Заливка чавуну. Рідкий чавун заливають у піч з ковша по жолобу, що встановлюється у завалочному вікні. Заливка чавуну проводиться "під факел" через два жолоби, встановлених в крайні вікна завалок. Тривалість заливки не більше 25 хвилин. Уся необхідна для заливки кількість чавуну подається до печі одночасно.

Плавлення. Після повного зливу чавуну в піч починається продування ванни киснем. На початку продування кисневі фурми опускають обережно, щоб уникнути ушкоджень. У міру проплавлення шихти і пониження рівня ванни фурми опускають ще нижче. Під час продування вихідні сопла голівок фурм знаходяться на 50-100 мм нижче за рівень розділу шлак-метал.

В період плавлення скрапу і чавуну окислюється залізо, яке переходить в шлак у вигляді FeO. Далі FeO взаємодіє з домішками чавуну, окислюючи їх:



До кінця плавлення шихти вапняк прогрівається і перетворюється на вапно ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$), яка ошлаковує кремнезем SiO_2 . Оксиди марганцю і фосфору також переходять у шлак. Своєчасне видалення шлаку - найважливіша умова отримання шлаку необхідної основності до моменту розплавлення, максимального видалення сірки та фосфору з металу та мінімальних втрат заліза зі шлаком, що збігає. Ознакою розплавлення ванни є відсутність місцевого бурління (фонтанування) на її поверхні, наявність активного рідинного шлаку необхідної основності і нагрівання металу до температури 1540 - 1570 °С. Після розплавлення ванни відбираються проби металу. У пробі металу визначається вміст вуглецю, марганцю, сірки, фосфору та, за необхідності, нікелю, хрому та міді; у пробах шлаку – закис заліза та основність.

Доведення плавки. Період доведення металу настає зараз же за розплавленням шихти. Початок його характеризується енергійним окисленням вуглецю за рахунок FeO . Для забезпечення в цей період більш інтенсивного окислення домішок додають залізну руду, що збільшує вміст FeO у ванні. Утворені при окисненні вуглецю газу, віддаляючись з ванни, створюють враження бурхливого кипіння рідкої ванни. Операцію, при якій в результаті підсажок залізняку або продування організовується енергійне кипіння ванни, часто називають "поліровкою".

Показниками нормального доведення є:

- Швидкість вигорання вуглецю, яка в цей період повинна бути не нижчою за 0,35% на годину для однованних печей і не нижче 0,25% на годину – для двованних печей;
- Температура металу, яка повинна безперервно підвищуватись і до початку чистого кипіння бути на 10 – 30 °С нижче необхідної перед випуском плавки (розкисленням плавки).

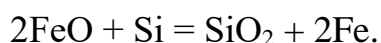
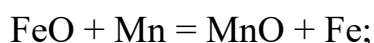
Також для поліпшення умов видалення сірки і фосфору з металу в період доведення необхідно спустити шлаку в кількості не менше 1/4 чаші. В результаті скачування шлаку з ванни видаляється фосфор, по ходу поліровки внаслідок підсадок винищити поступово формується високоосновний шлак і підвищується температура ванни, Це створює сприятливі умови для видалення сірки [9].

Чисте кипіння. Призначення періоду чистого кипіння – нагрівання металу до необхідної температури, доведення металу та шлаку до необхідного складу на момент розкислення. На печах, що працюють із продуванням ванни киснем, початок періоду чистого кипіння визначається утворенням сформованого рідкорухливого шлаку.

Початок періоду чистого кипіння у разі роботи без продування ванни киснем вважати не раніше ніж через 15 хвилин після присадки останньої порції вапна. Закінченням періоду чистого кипіння є початок випуску плавки або присадка розкислювачів у піч (у разі попереднього розкислення металу печі). Тривалість чистого кипіння має бути в межах 30 – 60 хв. Температура в період чистого кипіння безперервно підвищується, але не повинна перевищувати температуру металу перед випуском.

Розкислення та легування сталі. За період кипіння сталь доводиться до необхідного хімічного складу, дегазується, але в ній ще розчинена велика кількість окису заліза FeO. Кисень в сталі є шкідливою домішкою, що надає їй червоноламкість - крихкість в гарячому стані. Тому для видалення кисню сталь розкислюють, додаючи в ванну розкислювачі - феромарганець і феросиліцій.

Розкислення йде по реакцій:



Розкислювачі мають бути сухими. Для забезпечення однорідності металу присадку розкислювачів в ківш починають при наповненні ківшу металом на 1/5 висоти, проводять рівномірно і закінчують при наповненні його на 1/2 висоти.

При розкислюванні стали усіх марок повністю в ковші до моменту випуску плавки припиняється подача кисню у факел. Порядок вода розкислювачів в ківш: феромарганець - силікомарганець - феросиліцій [8].

При виплавці спеціальних легованих сортів сталі в ванну додають відповідні легуючі елементи: феротитан, ферохром, нікель та ін. Розкислювачі та легуючі матеріали повинні вводитися в піч та в ківш строго за вагою. Введення розкислювачів в ківш здійснюється рівномірно за допомогою бункерів-дозаторів, обладнаних пристроями, що зважують, і дозволяють регулювати вагу, швидкість і тривалість введення розкислювачів.

Випуск плавки. Сталевипускний жолоб встановлюється на піч до заливання чавуну. На момент випуску плавки жолоб має бути ретельно просушений, добре очищений від сміття. Сталерозливні ковші під жолоб повинні встановлюватися не пізніше ніж за 30 хвилин до початку випуску плавки. Тривалість випуску плавки повинна бути 7 – 15 хвилин для одножовтних печей та 15 – 25 хвилин для дво-жовтних печей.

Низьколеговані, спокійні, нестаріючі і напівспокійні марки стали з метою усереднювання хімічного складу і температури під час випуску продувають аргонном. Продування здійснюється через шиберний затвор від двопочатку випуску до появи шлаку. На початку продування тиск аргону має бути 200 кПа, витрата його 30.70 м³/ч. До кінця сходу плавки тиск аргону має бути не менше 400 кПа, витрата 50.80 м³/ч (залежно від інтенсивності того, що вирує). Потім метал необхідно витримати в ківші протягом 15-20 хвилин до початку розливання [6].

Розливання сталі. До випуску металу з печі необхідно:

- Приготувати сталерозливний ківш, поставити його під сталевипускний жолоб біля печі не пізніше ніж за 30 хвилин;
- Під носіння сталерозливних ковшів встановити шлакові чаші;
- Не пізніше, ніж за 30 хвилин до випуску плавки, встановити склад біля розливного майданчика.

Відразу після випуску плавки знімається сталевипускний жолоб і потім без затримки ківш з металом подається до розливного майданчика. Витримка металу

в ковші від кінця випуску до початку розливу повинна бути не більше 15 хвилин для однованних та 20 хвилин для двованних печей [7].

1.3 Характеристика пилогазових викидів мартенівського виробництва

У мартенівській печі димові гази утворюються в результаті згоряння палива, нагрівання та розкладання сипких матеріалів та окислення вуглецю шихти (вуглекислий газ та оксид вуглецю).

Основними джерелами шкідливих викидів в атмосферу при виплавці сталі є шихтове, міксерне та сталеплавильне відділення. У шихтовому при вивантаженні з вагонів та завантаженні в мульди виділяється велика кількість пилу. У міксерному відділенні при заливанні чавуну в міксер і зливі його в ківші в атмосферу виділяються викиди аглодоменного пилу, окису вуглецю та сірчистого ангідриду. Зливні отвори міксерів обладнані аспіраційними установками для очищення викидів у рукавних фільтрах [10].

1.3.1 Кількість, склад і параметри газів мартенівських печей

У сталеплавильному відділенні при горінні природного газу в мартенівській печі утворюються димові гази, що містять плавильний пил, оксиди азоту, оксиди вуглецю, сірчистий ангідрид та ін. Для печі місткістю 500 т кількість газів, що утворюються, складає 66 - 150 тис. м³/год.

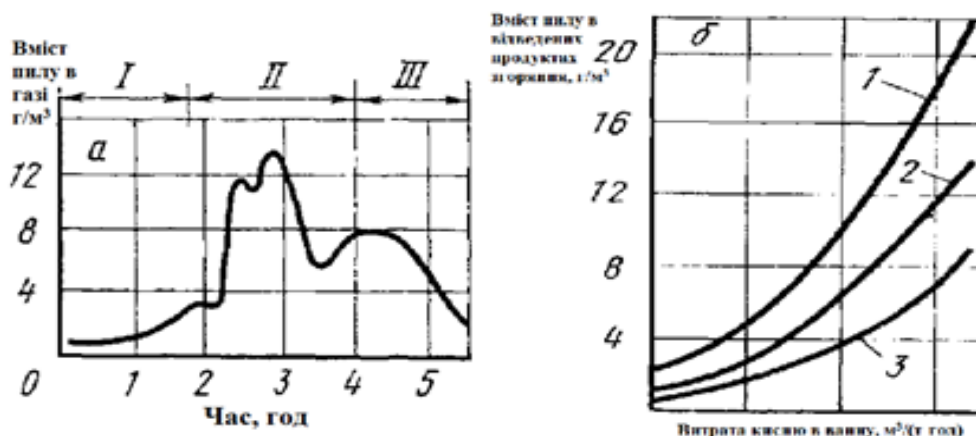
Основними джерелами димоутворення в мартенівської печі є паливо, газо-виділення з сипучих матеріалів при їх нагріванні і розкладанні та гази, що виділяються при окисленні вуглецю шихти вуглекислий газ і окис вуглецю.

Нижче наведено максимально можливу кількість продуктів згоряння, що надходять на газоочищення при роботі на природному газі:

Садка печі, т..	100	200	300	400	500	600	900
V_{\max} , тис. м ³ /год	68	80	90	101	112	125	161.

На одну тонну садки в мартенівських печах при опаленні їх природним газом утворюється від 1000 до 4000 м³/год газу, має на виході з печі температуру 700- 800 °С. Для печей, що працюють з подачею мазуту (20-50% по теплу), кількість продуктів згоряння збільшується на 5%. Через підсоси повітря до кінця кампанії обсяг відхідних газів збільшується на 10-15% [11].

Склад та їх кількість змінюється залежно від періоду плавки. Запиленість газів змінюється по ходу плавки (рис. 1.3.) і різко зростає зі збільшенням витрати кисню на продувку ванни. Крім того, на пилоутворення помітний вплив робить конструкція і число кисневих фурм, температура металу, швидкість вигорання вуглецю і т.д.



I - прогрів (без кисню); II - плавлення (продування киснем); III - доведення (без кисню); 1 – у вертикальному каналі; 2 - під насадкою; 3 - у загальному боріві

Рисунок 1.3 - Зміна запиленості газів мартенівської печі

У періоди звалювання і прогріву шихти запиленість становить 1,5 – 3 г/м³. Пил велика, утворена в результаті механічного і термічного руйнування залізної руди, вапняку та інших матеріалів. Основний винос пилу відбувається в період плавлення, коли йде продування ванни киснем. Максимальна запиленість 50 г/м³ відповідає середині періоду продувки.

Особливо велика кількість викидів спостерігається в період продування ванни печі киснем (плавлення та доведення). У цей період димові гази містять: пил (залізовмісний) – до 15 г/м^3 , CO_2 – до 50 г/м^3 , сліди SO_2 та NO_x . У безпродувний період (завалка та прогрів) гази містять: пил – 7 г/м^3 , CO_2 – до 50 г/м^3 , сліди SO_2 та NO_x . Вологість газу складає $100 - 120 \text{ г/м}^3$.

Гази печей, що працюють на збагаченому киснем дутті, в середньому містять: $10,5-15,1\% \text{ CO}_2$; $16-16,5\% \text{ H}_2\text{O}$; $62,3-66,1\% \text{ N}_2$; $6,5-7,1\% \text{ O}_2$; сліди SO_2 і $0,33 - 0,51 \text{ г/м}^3$ оксидів азоту [12].

Склад і кількість газів, що відходять від печей, змінюється при русі по димовідвідному тракту. Це пов'язано передусім з підсосом атмосферного повітря через нещільність кладки, оскільки тракт, що відводить, знаходиться під розрідженням. Величина підсосів залежить від розрідження на окремих ділянках тракту, що визначається конструктивними параметрами печі і герметичністю кладки, які змінюються протягом кампанії печі (періоду між зупинками печі на ремонті зведення).

Найбільша величина підсосів буває на ділянці голівка печі - верх насадок. Кількість газів, що відходять від мартенівської печі, на ділянці від голівки до піднасадкового простору регенераторів збільшується в $1,55-1,65$ рази на початку кампанії і в $1,25$ рази у кінці; на ділянці від голівки до загальної свині в $1,6-1,7$ на початку і в $1,35$ разу у кінці кампанії. У борові, на ділянці від перекидних пристроїв до входу в котел-утилізатор, кількість газів збільшується на 10% від кількості газів у вертикальному каналі.

Таким чином, на печах, опалювальних висококалорійним паливом, кількість технологічних газів при вході в котел-утилізатор збільшується в порівнянні з кількістю газу, що виходить з голівки, в $1,8-2,0$ разу [11].

Температура газів після регенераторів становить середньому $600 - 700 \text{ }^\circ\text{C}$, вона підвищується під час заливання чавуну до $700 - 850 \text{ }^\circ\text{C}$. Мартенівські гази, що відходять, відносять з собою з робочого простору печі більше половини загальної кількості тепла. Частина його із-за підсосів повітря і проходження газу через вертикальні канали і шлаковики втрачається. У регенераторах гази остигають до

800⁰С, а після проходження свині температура знижується ще на 100⁰С. Таким чином, перед очищенням температура газів, що відходять, біля 700⁰С. Утилізація цього тепла дозволяє підвищити показники роботи печі, для цього за мартенівськими печами встановлюють котли-утилізатори, де гази остигають до 220-250⁰С, віддаючи своє тепло у вигляді пари (350-450 кг на 1 т сталі) [14].

1.3.2 Кількість і фізико-хімічні властивості пилу

Вміст пилу в газах мартенівських печей, що відходять, визначається витратою кисню на піч, при цьому значення мають спосіб подачі кисню (у факел або у ванну), вид палива, період плавки та ін.

Залежно від вказаних чинників концентрація пилу в димових газах мартенівських печей коливається в широких межах - від 160 мг/м³ до 50 г/м³, при цьому на печах, що працюють без застосування кисню, - від 160 до 260 мг/м³, з подачею кисню у факел - від 400 до 700 міліграма/м³ і з продуванням ванни киснем - від 270 до 50 г/м³. Запиленість газів двованних печей коливається в межах від 2,8 до 17,2 г/м³ [12].

Застосування кисню значно збільшує запиленість газів, що відходять. Вплив подачі кисню у факел на пилоутворення пов'язаний з посиленням термічного руйнування кускових матеріалів в період прогрівання і угару оплавленого або розплавленого металу в наступні періоди плавки.

Головною причиною бурхливого пилоутворення в період продування рідкої ванни киснем є випар металу у полум'ї високої температури і наступне його окислення атмосферою робочого простору, звідси газу приймають буре забарвлення заліза.

Кількість пилу в кожен період плавки визначається характером технологічного процесу, що проходить в цей час.

Під час завалки основним джерелом пилоутворення являється завантажена шихта, з якої газовим потоком захоплюються дрібні частки залізняку, вапняку і інших її компонентів.

На початку періоду прогрівання пил утворюється в результаті термічного руйнування кускових матеріалів, у кінці - внаслідок угару оплавленого металу.

В період зливу чавуну максимальна запилена димових газів, що відходять, спостерігається при сливі першого ковша, а далі скорочується в три - чотири рази.

Під час плавлення максимальне пилоутворення відбувається при продуванні ванни киснем, причому в середині періоду воно удвічі вище, ніж на початку і кінці.

В період доведення вміст пилу в газах при одній і тій же питомій витраті кисню значно нижче, ніж в період плавлення. Тут максимальне пилоутворення спостерігається через 10-20 хвилин після доведення.

Істотний вплив на пилоутворення чинить швидкість вигорання вуглецю. Пилоутворення тим вище при одній і тій же температурі металу, чим вище вміст вуглецю [15].

Хімічний склад пилу залежить від якості шихти, типу сталі, що виплавляється, способу ведення процесу, виду палива і тривалості плавки. Пил з розвинутою поверхнею зернистої та пластинчастої форми з включеннями дрібних волокнистих частинок. Забарвлення густо коричневе майже не прозоре. Пил схильний до утворення міцних агрегатів розміром до 200 мкм.

Основну частину пилу складають оксиди заліза, співвідношення яких міняється по димовідвідному тракту печі. Вміст FeO у вертикальному каналі складає 20-30%, а перед газоочищенням до 1,5%, при цьому вміст Fe₂O₃ збільшується з 65-75 до 88-92%.

На ряду із залізовмісними оксидами до складу пилу входять CaO, Al₂O₃, MnO, MgO, P₂O₅, з'єднання сірки. У пилі мартенівського виробництва може міститися 0,09-1,19% свинцю і 0,36-4% цинку, при цьому основна маса цинку представлена феритом (ZnO₂·Fe₂O₃), а свинцю - церуситом (PbCO₃) [16].

Приблизний склад мартенівського пилу, що виділяється від 500-тонної печі, %: FeO – 5,65; Fe₂O₃ - 75,7; Fe - 55,96; SiO₂ - 1,14; Al₂O₃ - 0,7; MgO - 1,45; CaO - 2,0; S - 2,65; MnO - 1,0; C – 0,78 [17].

Дисперсний склад пилу багато в чому залежить від інтенсивності продування ванни. Основну частину пилу при продуванні ванни складають первинні частки з діаметром 0,01-1,0 мкм. Середній медіанний розмір цих часток складає 0,2-0,4 мкм. Дисперсний склад первинних часток пилу трохи змінюється протягом плавки і мало залежить від витрати кисню, але при русі по тракту, що газовідводить, первинні частки коагулюють в агрегати різних розмірів. Агрегати в бурому димі представлені у вигляді грудок неправильної форми і ланцюжків. Розмір і компактність їх змінюються протягом продування і походу потоку в тракті, що газовідводить.

Дисперсний склад мартенівського пилу :

Діаметр часток, мкм	< 0,07	0,07-0,1	0,1- 0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,6	0,6-0,8	0,8-1,0	>1,0
Кількість часток,% (по масі)	0,4	1,4	11,2	14,0	14,0	24,0	13,0	8,0	14,0

Склад пилу від двованної мартенівської печі наступний:

Розмір частинок, мкм	0 – 4	4 – 10	10 – 20	20 – 30	>30
Вміст по масі, %	64	21,5	7	6,5	1

Магнітна проникність плавильного пилу, відібраного після котла-утилізатора, при продуванні ванни киснем складає 1,5-4,0 при температурі 20 °С. Із збільшенням температури проникність в слабких полях (менше 150-200 Е) досягає максимуму при температурі 300-500 °С, в сильніших помітно не міняється до 400 °С.

Питомий електричний опір (ПЕО) пилу залежить від температури і вологості газів. При температурі 20-300⁰С і вологості димових газів, визначуваною точкою роси 18-60⁰С, ПЕО пилу складає $10^{-10} - 10^{-7}$ Ом/м.

Точка Кюрі (640-700 °С) відповідає точці Кюрі для Fe₃O₄ (685 °С).

Залишкова індукція змінюється від 40 до 120 Гс і із збільшенням температури монотонно убуває. Коерцитивна сила складає 50-100 Е.

При підвищенні температури магнітні властивості пилу слабшають і при температурі вище 600-700 °С феромагнетизм повністю зникає.

Розчинність пилу у воді складає 5-12% по відношенню до абсолютно сухої маси, гігроскопічність 3-8%, повна змочуваність по відношенню до повітряно-сухого пилу 65-70%. Кут природного укосу пилу, уловленого в електрофільтрах коливається в межах 28-33%.

Щільність мартенівського пилу в пробах, відібраних після котла-утилізатора, складає 4,2-4,5 т/м³; у електрофільтрі після осадження 4,6-4,9 т/м³.

Щільність пилу в димових газах двохванних печей в пробах, відібраних перед газоочищенням, складає 4,5-5,0 т/м³.

Насипна щільність мартенівського пилу коливається в межах від 0,48 т/м³ (у неущільненому стані) до 0,84 т/м³ (при максимальному ущільненні) [12].

Пил, що виноситься з печі, значною мірою осідає газовим трактом: 50 – 60% у шлаковику, 15 – 29% у регенераторах, 10 – 15% у котлі-утилізаторі. Приблизна запиленість мартенівських газів, що відходять 7 – 17 г/м³. Розрядження від келихів печі до шибери котла-утилізатора 600 - 800 Па, гідравлічний опір котла-утилізатора 2000 - 2500 Па.

Крім викидів через димові труби, гази, забруднені пилом і шкідливими газоподібними компонентами, виділяються всередину цеху через завалочні вікна печей від розливних ківшів та іншого обладнання.

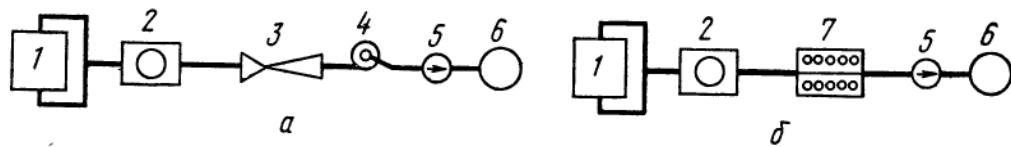
Таблиця 1.1 - Фізико-хімічна характеристика пилу у викидах мартенівського виробництва.

Вид агрегату, плавки, ділянка димового тракту	Питома витрата кисню, м ³ /(т·ч)	Хімічний склад пилу, %											
		Fe _{общ}	FeO	Fe ₂ O ₃	Fe _{мет}	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	P ₂ O ₅	SO ₄	інші
Мартенівські печі після котла-утилізатора(
Завалка	-	61,00	1,85	83,90	0,35	1,20	1,00	2,35	1,85	0,75	0,27	5,50	PbCO ₃ 0,09- 1,19
Прогрівання	-	62,50	0,90	87,40	0,40	1,35	1,20	1,20	0,90	0,90	0,28	5,10	
Плавлення	10	64,63	1,46	90,19	0,38	0,78	1,08	1,04	0,92	1,01	0,18	3,20	
Доведення	-	62,80	0,60	88,45	0,50	1,10	1,25	1,30	0,95	0,98	0,25	4,0	
Двохванні печі перед газоочищенням при продуванні ванни киснем													
	-	62,1	3,42	84,9	-	3,82	-	3,07	1,09	0,87	0,68	SO ₃ 1,46	

1.4 Описання способів та схем очищення газових викидів

Практично за всіма великими мартенівськими печами встановлені котли-утилізатори, в яких за рахунок вироблення водяної пари температура газів, що відходять знижується з 600-700 °С до 220-250 °С.

Для очищення газів, що відходять від мартенівських печей застосовують в основному установки двох типів: сухого очищення в електрофільтрах і мокрого очищення в скруберах Вентурі (рис. 1.4). Ефективність обох апаратів приблизно однакова: і в тому, і в іншому випадку можна знизити концентрацію пилу в газах до 100 мг/м³, що відповідає санітарним вимогам. Спосіб очищення газів обирають, виходячи з місцевих умов і техніко-економічного обґрунтування.



а – мокре очищення в скруберах Вентурі;

б – сухе очищення в електрофільтрах.

1 - мартенівська піч; 2 котел-утилізатор; 3 - труби Вентурі;

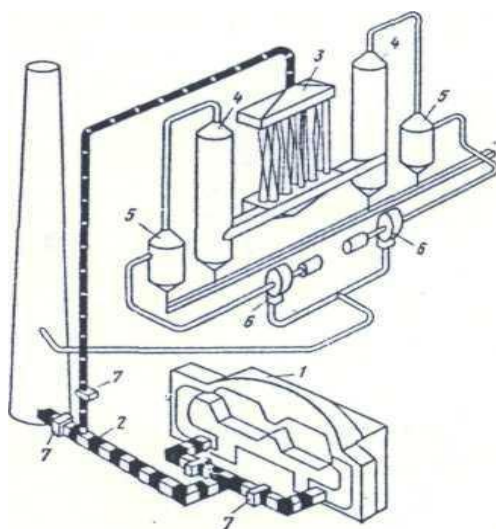
4 - краплевловлювач; 5 - димосос; 6 - димова труба;

7 - сухий електрофільтр

Рисунок 1.4 - Застосовувані схеми охолодження і очищення газів мартенівських печей:

Найважливішими недоліками мокрого очищення слід вважати: високий гідравлічний опір 10 - 12 кПа, велика кількість шламової води, що викликає необхідність будівництва дорогих громіздких відстійників і установок нейтралізації шламової води. Наявність в газах оксидів сірки викликає необхідність застосування антикорозійного покриття або виконання конструкцій апарату з нержавіючої сталі. Як правило, з метою захисту димової труби від корозійного дії газів передбачається підігрів газу перед його викидом в димову трубу.

Схему очищення мартенівських газів із застосуванням труб Вентурі показано на прикладі установки, наведеної на рис. 1.5. Димові гази, що відходять після мартенівської печі надходять в труби Вентурі. У горловині труби газовий потік турбулізуючий, в результаті чого відбувається осадження частинок пилу на мілко роздріблених краплях води. З труб Вентурі гази надходять в циклоні-краплевловлювачі, де відбувається уловлювання крапель, які випадають в бункер зі шламового водою і через гідрозатвор видаляються з бункера. Зазвичай встановлюються відцентрові пиловловлювачі з лопатковим завихрювач або з тангенціальним підведенням газу. Для виключення корозії металу горловина труби виконана з нержавіючої сталі, а корпус виконаний з двошарової сталі. Внутрішні поверхні циклону -краплевловлювача і газоходів захищені антикорозійним покриттям. На апарат подається вода з оборотного циклу. У зворотному водному циклі встановлена станція нейтралізації.



1 - мартенівська піч; 2 - боров; 3 - труби Вентурі; 4 - циклони;

Рисунок 1.5 - Схема очищення газів мартенівських печей із застосуванням труб Вентурі

Останнім часом в подібних схемах в основному застосовуються труби Вентурі з прямокутною регульованою горловиною, які дозволяють встановлювати режим роботи газоочистки і регулювати тиск під склепінням печі. Регулювання може здійснюватися ручним, механічним (з дистанційним управлінням) або автоматичним способом.

Безпосереднім регулюючим органом служить обтічник (конічної або еліптичної форми), який переміщається уздовж осі труби Вентурі і утворює з горловиною труби кільцевої канал для проходу газу зі змінною площею перетину. Переміщення обтічника здійснюється за допомогою рукоятки через редуктор. Для апаратів великої продуктивності встановлюються механічні приводи.

Подібні схеми дозволяють очищати гази від залишкової запиленості приблизно 100 мг/м^3 . Однак схеми нейтралізації оборотної води не завжди забезпечують високоефективні результати, що призводить до корозійного зносу устаткування газоочистки; крім того, внаслідок низької температури газів після труб Вентурі можливо явище кислотною корозії димової труби, в зв'язку з чим необхідно підігрівати гази перед подачею їх в димову трубу.

При очищення газів швидкісними пиловловлювачами з трубами Вентурі димові гази охолоджуються в котлі-утилізаторі і надходять в блок труб Вентурі. Можуть бути використані труби з круглим і прямокутним перетином горловини. Використання труб з круглим перетином горловини вимагає відключення частини з них при зміні кількості газу в процесі плавки.

Труби Вентурі з прямокутним перетином горловини дають можливість здійснювати оптимальний режим роботи системи очищення газу протягом плавки шляхом регулювання перетину горловини. Остаточне очищення газу від укрупненого пилу і крапель води здійснюється в інерційному апараті, вбудованому за трубами Вентурі, і відцентрових скруберах. Після очищення газ димососом викидається в димову трубу.

Після мокрого газоочищення пил видаляють гідротранспортом в шламову каналізацію. При очищенні мартенівських газів в трубах Вентурі дотримуються високонапірного режиму (9-10 кПа). У трубах Вентурі прямокутного перетину застосовують плівково-форсуночне зрошення. Питома витрата води $1,25-1,5 \text{ л/м}^3$. Тиск води перед форсунками труб Вентурі має бути не менше $(29-35) \cdot 10^4 \text{ Па}$.

Для відділення краплинної вологи і крупного пилу від газу після труб-розпилювачів необхідно встановлювати інерційні краплевловлювачі (бункера), швидкість газу в яких не повинна перевищувати $2,5-3 \text{ м/с}$. Повне відділення крап-

линної вологи і укрупненого пилу перед тягодуттєвими машинами здійснюють в відцентрових скруберах з лопатковими завихрювачами або тангенціальним підведенням газу [19].

Для забезпечення нормальної роботи мартенівської печі і ефективного очищення газу розрядження, що створюється димососом (ексгаустером) має бути при сухому очищенні в електрофільтрах не менше 4500 Па, при мокрому - не менше 12 000 Па.

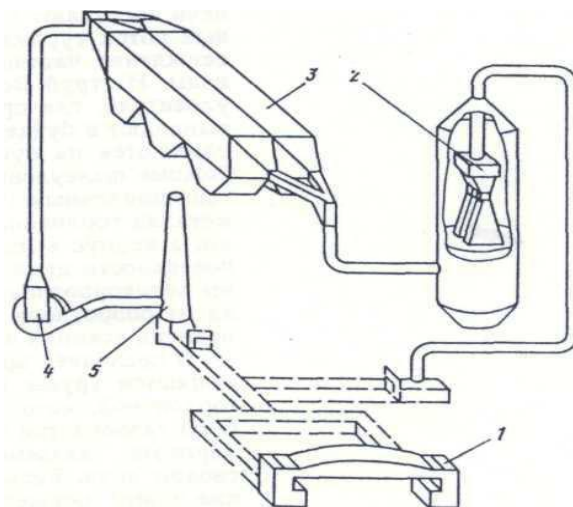
Для сухого очищення мартенівського газу від пилу після котлів-утилізаторів встановлюють електрофільтри типу ЕГА, ЕГБМ, ЕГВ, ЕГУ. Якщо в схемі відведення мартенівського газу котел-утилізатор не працює, перед очищенням газу в електрофільтрі його охолоджують і звожують в порожнистому випарному скрубєрі.

Сухе електричне очищення вимагає великих вільних площ і капіталовкладень. Застосування сухого електричного очищення пов'язано з дожиганням усіх горючих компонентів. З цією метою в газових лежаках встановлюються дожигаючі пальники. Установки для очищення газів мартенівських печей від пилу при роботі печей як на повітряному дуття, так і при вдування кисню в факел і ванну незалежно від прийнятої схеми є складним інженерним спорудженням.

Очищення газів мартенівських печей із застосуванням електрофільтрів знайшла широке застосування в зв'язку з певними перевагами подібних схем. Застосування електрофільтрів дозволяє досягати високого ступеня очищення газів при порівняно низьких енерговитратах, причому в електрофільтрах можна вловлювати частинки будь-яких розмірів, включаючи субмікронні при концентрації частинок в газі до 60 г/м^3 . Крім того, електрофільтри відрізняються відносно низькими експлуатаційними витратами. Це пояснюється тим, що гідравлічний опір електрофільтру становить 150-250 Па, а питомі витрати електроенергії на створення необхідної напруженості електричного поля невеликі і становлять приблизно 0,1 -0,5 кВт-год на 100 м^3 газу [11].

Разом з тим установки газоочистки із застосуванням електрофільтрів мають недоліки, в тому числі дуже високі капітальні витрати і необхідність великих

площ для розміщення. Установку газоочистки з використанням електрофільтру показано на прикладі, наведеному на рис. 1.6.



1 - мартенівська піч; 2 - труби Вентурі-випарники; 3 - електрофільтр; 4- димосос; 5 - димова труба

Рисунок 1.6 - Схема газоочисної установки за мартенівської піччю із застосуванням електрофільтру

Гази, що очищаються, після мартенівської печі надходять в охолоджувальний пристрій. Охолоджувальний пристрій складається з паралельних труб Вентурі, встановлених всередині корпусу скрубера. Охолоджувальний пристрій забезпечує надійне, регульоване охолодження газів без бризговинусу в електрофільтр у всьому діапазоні робочих температур: приблизно 500-700 °С на вході і 180-250 °С на виході. Розглянута схема забезпечує при досить високій експлуатаційній надійності очищення газів мартенівської печі до концентрації пилу, що не перевищує 100 мг/м³ в усі періоди плавки.

Для безпеки ведення процесу очищення газу в електрофільтрах окис вуглецю, що міститься в мартенівському газі, допалюють або у борові, або в спеціальній камері перед котлом-утилізатором.

Для ефективного очищення газу в електрофільтрі швидкість газу в активному перетині повинна бути 0,9-1 м/с, температура його перед електрофільтром - не вище 250 °С, а вологість - в межах 60-100 г/м³. При меншому значенні вологості в

газоході перед електрофільтром встановлюють форсунки з дрібним розпилом води. Максимальна температура газу на виході з електрофільтру повинна бути не менше ніж на 20% більше температури точки роси [13].

Уловлений в сухому електрофільтрі пил рекомендують видаляти в сухому вигляді системами пневмотранспорту або механічним способом в спеціальний пиловий бункер з наступним огрудкування і використанням в агломераційному, доменному або сталеплавильному виробництвах.

У більшості випадків використовується мокре очищення, а після сухого очищення пил зазвичай видаляється гідротранспортом.

1.5 Аналіз та обґрунтування схеми очищення

Мокры апарати мають такі переваги:

- простоту конструкції і порівняно невисоку вартість;
- більш високу ефективність у порівнянні з сухими механічними пиловловлювачами інерційного типу;
- менші габарити в порівнянні з тканинними фільтрами і електрофільтрами;
- можливість використання при високій температурі і підвищеній вологості газів;
- роботи на вибухонебезпечних газах; уловлювання разом з зваженими твердими частинками парів і газоподібних компонентів.

Однак мокрим пиловловлювачам властивий і ряд недоліків:

- значні витрати енергії при високих ступенях очищення;
- отримання уловленого продукту у вигляді шламу, що часто ускладнює і здорожує його подальше використання;
- необхідність організації оборотного циклу водопостачання (відстійники, які перекачують насосні, охолоджувачі і т.п.), що значно збільшує вартість системи газоочистки;
- утворення відкладень в обладнанні та газопроводах при охолодженні газів до температури точки роси або краплинному віднесенні вологи з пиловловлювача;

- корозійний знос устаткування і газопроводів при очищенні газів, що містять агресивні компоненти;

- погіршення умов розсіювання пилу і шкідливих газів, що викидаються через димові труби в повітряний басейн.

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

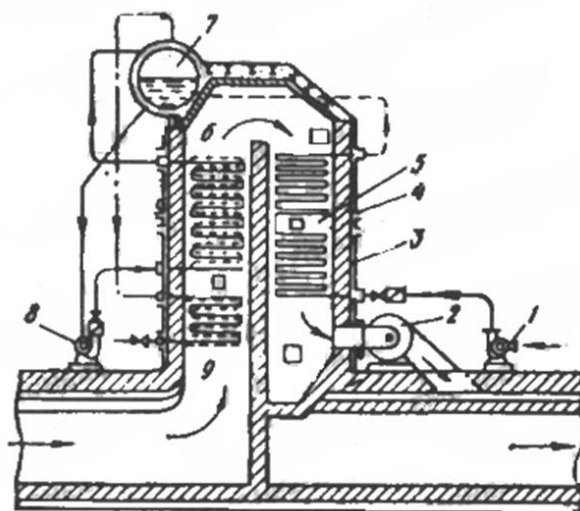
Зважаючи на те, що поступово мартенівське виробництво замінюється конверторним способом виплавки сталі, доцільно провести реконструкцію мокрої очистки газів мартенівського виробництва без вкладання великих коштів у капітальне будівництво сухої очистки.

1.6 Утилізація тепла мартенівського виробництва

Близько 2/3 загальної кількості тепла йде з робочого простору печі разом з димовими газами. Температура продуктів згоряння при виході з робочого простору дорівнює приблизно 1700 °С. Внаслідок підсосу повітря і втрат тепла при проходженні через вертикальні канали та шлаковики температура газів при вступі до регенераторів знижується до 1500-1550 °С. З-під насадок регенераторів димові гази виходять з температурою 500-800 °С. При проходженні через перекидні клапани ця температура знижується (головним чином в результаті підсосу повітря) ще на 100-200 °С [14].

Таким чином, перед димарем температура газів, що відходять становить все ще 400-600 °С, вони містять близько 1/3 загальної кількості тепла, що надходить в піч. Тому утилізація цього тепла дозволяє істотно підвищити показники роботи печі. Температура газів, що відходять на двохванних печах, що працюють без регенераторів, ще вище.

За всіма мартенівськими і двохванними печами встановлені котли-утилізатори. Найбільш поширений котел з багаторазовою примусовою циркуляцією води (рис. 1.6). У сучасних котлах-утилізаторах використовується 60-70% тепла відхідних продуктів згоряння і виробляється 350-450 кг пара на 1 т сталі, що виплавляється [20].



1 - живильний насос; 2 - димосос; 3 - футерування; 4 - кожух котла; 5 - змішувач водного економайзера; 6 - випарний змішувач; 7 - барабан; 8 - циркуляційний насос; 9 - змішувач паропідігрівача

Рисунок 1.6 - Котел-утилізатор вертикального типу

Температура продуктів згоряння в котлах-утилізаторах знижується до 150-230 °С. З такою температурою газу можна відсмоктувати димососом прямої дії (котел являє собою додатковий значний опір на шляху руху газів, тому тяги димаря на вистачає, щоб протягнути димові газу через котел, є потреба у додатковому димососі).

Зниження температури димових газів при проходженні їх через котел-утилізатор дозволяє вирішити також надзвичайно важливе завдання - очищення диму від плавильного пилю. Кількість пилю в димових газах, що виходять з печі, коливається по ходу плавки від 1,0 до 10,0 т/м³, 50-75% пилю осідає в шлаковиках, 10-25% в регенераторах і 10-20% йде в борови і в трубу.

Якщо прийняти, що на 1т сталі, що виплавляється разом з продуктами згорання з труби виходить 1кг плавильного пилу, то за рік з труб мартенівських цехів сучасного металургійного заводу, на якому виплавляють 4-5 млн.т сталі в рік, вилітає 4-5 тис.т найменшого (до $1 \cdot 10^{-7}$ см) плавильного пилу. Для запобігання виносу пилу після котлів-утилізаторів монтують установки для його уловлювання зазвичай з електростатичними газоочистками.

Вловлений пил (в основному оксиди заліза) використовують в якості шихти в доменних або мартенівських печах.

Особливо важлива установка очисних пристроїв на сучасних печах, на яких застосовують інтенсивну продувку ванни киснем. Вміст пилу під час продування зростає перед котлом-утилізатором до 10-25 г/м³. Сучасні установки сухого (електростатичного) і мокрого (в скрубєрі Вентурі) очищення газів забезпечують зниження вмісту пилу на виході з газоочистки до 0,1-0,15 г/м³.

2 РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

2.1 Котел-утилізатор

Котел-утилізатор, призначений для вироблення перегрітої пари на основі використання фізичного тепла газів, що виходять з мартенівських, нагрівальних і інших технологічних печей, встановлюється безпосередньо за печами. Передбачається напіввідкрита установка з пристроєм прибудови, що утеплює з фронтального боку. Усі поверхні нагріву виконані з безшовних труб і складаються з водяного економайзера, випарної частини і пароперегрівача. Компонування поверхонь нагріву П-образне. У першому (висхідному) газоході по ходу газів розташовані: перша (передвключена) секція випарної поверхні нагріву, пароперегрівач, друга випарна секція і другий пакет третьої випарної секції. У другому (опускному) газоході зверху вниз по ходу газів розташовані перший пакет третьої випарної секції і три пакети економайзера. Випарна частина котла виконана за схемою з багатократною примусовою циркуляцією з трьома паралельно включеними секціями. Цир-

куляція здійснюється двома циркуляційними насосами (один резервний). Каркас котла металевий, зварний. Підйомний газохід обмуровується вогнетривким і термоізоляційною цеглиною. Опускний газохід не обмуровується, є тільки зовнішня теплоізоляція металевої обшивки котла [20].

Таблиця 2.1 - Технічна характеристика котла-утилізатора КУ- 150

Тип котла	Паропроductивність, $D_{\text{пл}}$, т/год	Тиск пари, P_6 , МПа	Температура перегрітої пари, $t_{\text{пп}}$, °С	Об'єм димових газів за нормальних умов, G_0 , м ³ /ч	Температура газів перед котлом, t'_r , °С	Температура газів, що йдуть, t''_r , °С	Температура поживної води, $t_{\text{пв}}$, °С
КУ- 150М	50,5	4,5	393	150000	850	213	80

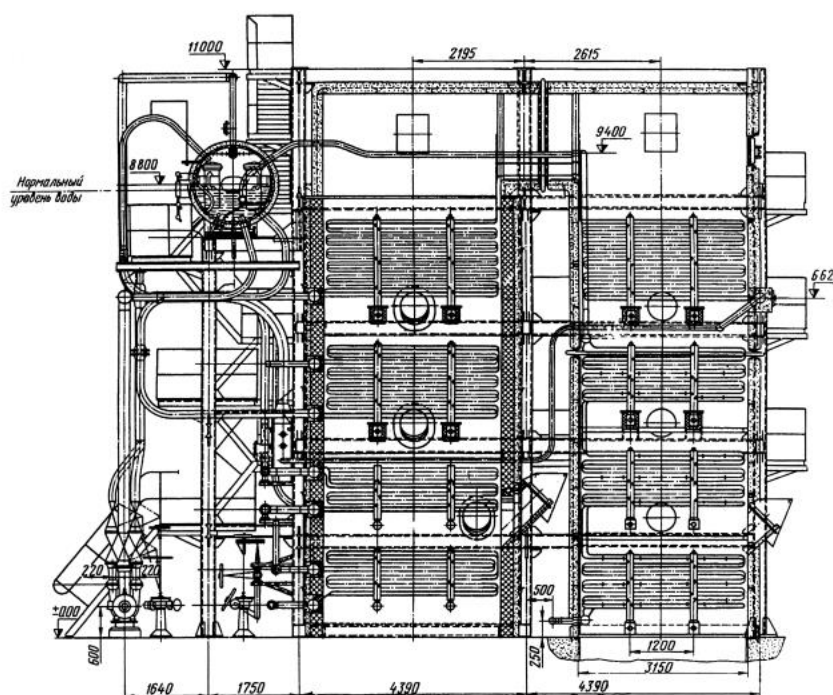


Рисунок 2.1 Котел-утилізатор КУ-150М

Котел забезпечений необхідною арматурою, гарнітурою, пристроєм для відбору проб пари і води, а також КІП. Живлення котла і сигналізація рівня води в барабані автоматизовані.

Котел поставляється транспортабельними блоками, вузлами і деталями [21].

2.2 Розрахунок скрубера Вентурі

Розраховуємо скрубера Вентурі для очищення газів, що виділяються з мартенівської печі місткістю 500т.

Початкові дані:

Витрата газу за нормальних умов $V_0=150000 \text{ м}^3/\text{год}$;

Температура $T=210 \text{ }^\circ\text{C}$;

Розрідження перед газоочищенням $P = -2,5 \text{ кПа}$;

Концентрація пилу в газі на вході в газоочищення $Z_1=4 \text{ г/м}^3$;

Концентрація пилу в газі на виході з апарату $Z_2=0,05 \text{ г/м}^3$;

Щільність зрошування $m=1 \text{ кг/м}^3$;

Тиск води , що поступає на зрошування $P_{\text{ж}}=300 \text{ кПа}$.

Необхідна ефективність роботи апарату

$$\eta = 1 - Z_2/Z_1 = 1 - 0,05/4 = 0,988.$$

Число одиниць перенесення :

$$N_{\text{ч}} = \ln \frac{1}{1-\eta} = \ln \frac{1}{1-0,988} = 4,6.$$

Питома енергія D_0 , що витрачається на пиловловлювання, розраховується з рівняння: $N_{\text{ч}} = BK^x$

де B, x - коефіцієнти, характерні для кожного пилу.

Використовуючи дані [11] для пилу мартенівських печей $B=1,74 \cdot 10^{-6}$, $x=1,594$. Тоді $4,6=1,74 \cdot 10^{-6} \cdot K^{1,594}$; Звідси $K=9220 \text{ кДж/1000 м}^3 \text{ газу}$.

Загальний гідравлічний опір скрубера Вентурі :

$$\Delta P_{\text{АП}} = K - P_{\text{ж}} \cdot m = 9220 - 300 \cdot 10^3 \cdot 0,001 = 8920 \text{ Па.}$$

m - питома витрата води на зрошування рівна $1 \text{ кг/м}^3=0,001 \text{ м}^3/\text{м}^3$.

Компонент:	H ₂ O	CO ₂	O ₂	N ₂
Хімічний склад (%) :	7	6	13	74
Щільність (кг/м ³) :	0,804	1,976	1,429	1,251

Щільність суміші газів, кг/м³ :

$$\rho = 0,01 \sum_1^n \rho_i r_i ;$$

$$\rho_o = 0,01 \cdot (0,804 \cdot 7 + 1,976 \cdot 6 + 1,429 \cdot 13 + 1,251 \cdot 74) = 1,28 \text{ кг/ м.}$$

Щільність газу на вході в скруббер Вентурі за робочих умов:

$$\rho_1 = \rho_o \cdot \frac{273(101,3 - P_1)}{(273 + T_1)101,3} = 1,28 \frac{273(101,3 - 2,55)}{(273 + 210)101,3} = 0,71 \text{ кг/м}^3.$$

Об'ємна витрата газу, що поступає на очищення, за робочих умов

$$V_1 = \frac{V_o \cdot \rho_o}{\rho_1} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 1,29}{0,71} = 272535 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Витрата зрошуючої рідини

$$M_{ж} = m \cdot V_1 = 0,001 \cdot 272535 = 273 \text{ м}^3/\text{ч.}$$

Гідравлічний опір труби Вентурі

$$\Delta P_{TP} = \Delta P_{АП} - \Delta P_{К} = 8920 - 100 = 8820 \text{ Па.}$$

$\Delta P_{К}$ - гідравлічний опір крапельлолювача, який на основі роботи аналогічних установок прийнятий рівним 100 Па.

Температура газів на виході з труби Вентурі :

$$T_2 = (0,133 - 0,041m)T_1 + 35 = (0,133 - 0,041 \cdot 1) \cdot 210 + 35 = 54^{\circ} \text{C}$$

що добре узгоджується з роботою промислових установок 50-55⁰С.

Щільність газу на виході з труби Вентурі :

$$\rho_r = \rho_o \cdot \frac{273(101,3 - P_1 - P_{TP})}{(273 + T_2)101,3} = 1,28 \frac{273(101,3 - 2,55 - 8,8)}{(273 + 54)101,3} = 0,96 \text{ кг/м}^3.$$

Коефіцієнт опору нормалізованої труби Вентурі, обумовлений введенням зрошуючої рідини, визначається по рівнянню:

$$\zeta_2 = A \xi_1 m^{1+c}.$$

Для "сухої" (не зрошуваною) труби Вентурі оптимальної конструкції з центральним підведенням $\xi_1=0,15$; $A=0,63$; $c=-1,3$.

$$\text{Тоді } \zeta_2 = 0,63 \cdot 0,15 \cdot 0,0008^{-0,3} = 0,803.$$

Необхідна швидкість газу в горловині труби Вентурі

$$W_1 = \sqrt{\frac{2\Delta P_{TP}}{\zeta_1 P_2 + \zeta_2 m \rho_{ж}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 8820}{0,15 \cdot 0,96 + 0,803 \cdot 0,001 \cdot 1000}} = 136 \text{ м/с.}$$

Об'ємна витрата газу на виході з труби Вентурі

$$V_r = \frac{V_0 \cdot \rho_0}{\rho_r} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 1,28}{0,96 \cdot 3600} = 55,6 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Діаметр горловини труби Вентурі :

$$d_r = 1,13 \sqrt{\frac{V_r}{W}} = 1,13 \sqrt{\frac{55,6}{136}} = 0,722 \text{ м}$$

Отриманий діаметр значно перевищує найбільший діаметр горловини типового ряду високонапірних труб Вентурі (0,42 м), у зв'язку з чим необхідно встановити декілька паралельно працюючих труб Вентурі $n=10$. В цьому випадку діаметр горловини кожної з восьми ідентичних труб рівний:

$$d_r = 1,13 \sqrt{\frac{V_r}{nW}} = 1,13 \sqrt{\frac{55,6}{10 \cdot 136}} = 0,208 \text{ м}$$

Приймаємо трубу ГВПВ-0,030-01 діаметром горловини 200мм [22].

Приймаємо швидкість газу на вході в конфузори (W_1) і на виході з дифузора труби Вентурі (W_2) рівної 20 м/с. При цій швидкості діаметр вхідного перерізу дифузора :

$$d_1 = 1,13 \sqrt{\frac{V_r}{nW_1}} = 1,13 \sqrt{\frac{272535}{10 \cdot 3600 \cdot 20}} = 0,78 \text{ м}$$

і діаметр дифузора, що виходить

$$d_2 = 1,13 \sqrt{\frac{V_r}{nW_2}} = 1,13 \sqrt{\frac{55,6}{10 \cdot 20}} = 0,68 \text{ м}$$

Знаючи діаметр горловини нормалізованої труби Вентурі, можна знайти усі інші розміри, використовуючи наступні залежності:

$$\text{довжина горловини } l_{\Gamma} = 0,2d_{\Gamma} = 0,2 \cdot 0,24 = 0,048 \text{ м};$$

$$\text{діаметр конфузора } d_{\kappa} = 2,3d_{\Gamma} = 2,3 \cdot 0,24 = 0,552 \text{ м};$$

$$\text{довжина конфузора } l_{\kappa} = 3,0d_{\Gamma} = 3 \cdot 0,24 = 0,72 \text{ м};$$

$$\text{довжина дифузора } l_{\text{д}} = 3,0d_{\Gamma} = 12,3 \cdot 0,24 = 2,952 \text{ м}$$

Діаметр циклона-краплевловлювача, м:

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \sqrt{\frac{V_{\Gamma}}{W_{\text{ц}} \cdot n}} = 1,13 \sqrt{\frac{55,6}{5 \cdot 2}} = 2,39 \text{ м};$$

$W_{\text{ц}}$ - швидкість газу в циклоне-краплевловлюваче, приймаємо рівною 5 м/с.

Приймаємо циклон-краплевловлювач КЦТ-2400 стандартний діаметром 2,4м [22].

Перераховуємо фактичну швидкість:

$$W_{\text{ц}} = \frac{4V_{\Gamma}}{n\pi d^2} = \frac{4 \cdot 55,6}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,4^2} = 4,95 \text{ м/с.}$$

Активна висота циклона-краплевловлювача, м:

$$H_{\text{ц}} = 2,5 \cdot D_{\text{ц}} = 2,5 \cdot 2,4 = 6.$$

Гідравлічний опір циклона-краплевловлювача, Па:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \zeta \frac{W_{\text{ц}}^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2} = 32 \frac{4,95^2 \cdot 0,96}{2} = 376 \text{ Па.}$$

2.3 Аеродинамічний розрахунок тракту, що газовідводить

Сумарні втрати тиск полягають їх втрат тиску на тертя ΔP_1 , втрат тиску на місцевих опорах $\Delta P_{\text{м}}$, а також самотяги $P_{\text{с}}$, Па:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_{\text{м}} - P_{\text{с}}$$

Втрати тиску на тертя в круглих трубопроводах визначаються по формулі, Па:

$$\Delta P_1 = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \rho_r \cdot \frac{W^2}{2},$$

де λ - коефіцієнт опору тертю;

l - довжина ділянки газопроводу, м;

d - діаметр газопроводу, м;

ρ_r - щільність газу в умовах газоходу, кг/м³;

W - середня швидкість газів на ділянці газопроводу. м/с.

Втрати тиску на місцевих опорах, Па:

$$\Delta P_m = \xi \cdot \rho_s \cdot \frac{W^2}{2},$$

де ξ - сумарний коефіцієнт місцевого опору, залежною від виду місцевих опорів на ділянках газопроводу.

Загальний опір тракту, що газовідводить, визначають як суму опорів розміщеного в ній устаткування $\Delta P_{\text{апар.}}$, втрат тиску на тертя ΔP_1 і втрат тиску на місцевий опір ΔP_m (з урахуванням самотяги P_c) :

$$\Delta P_{\text{трак.}} = \Delta P_{\text{апар.}} + \Delta P_1 + \Delta P_m - P_c.$$

На рисунку 2.2 представлена схема тракту, що газовідводить. Він складається з наступних ділянок:

I - мартенівська піч - рівень землі;

II - рівень землі - котел-утилізатор;

III - котел-утилізатор - скруббер Вентурі;

IV - скруббер Вентурі - вентилятор;

V - вентилятор - трійник;

VI - трійник - димар.

Матеріал трубопроводу на ділянках:

I - цеглина; II - IV - сталь зварна, помірно іржава.

Геометричні розміри трубопроводів наступні:

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

Трубопровід на I ділянці прямокутного перерізу $a \times b = 5 \times 2,5$ м. Еквівалентний діаметр буде рівний:

$$d_3 = \frac{2 \cdot a \cdot b}{a + b},$$

де a, b - довжина сторін перерізу трубопроводу.

$$d_3 = \frac{2 \cdot 5 \cdot 2,5}{5 + 2,5} = 3,4 \text{ м}$$

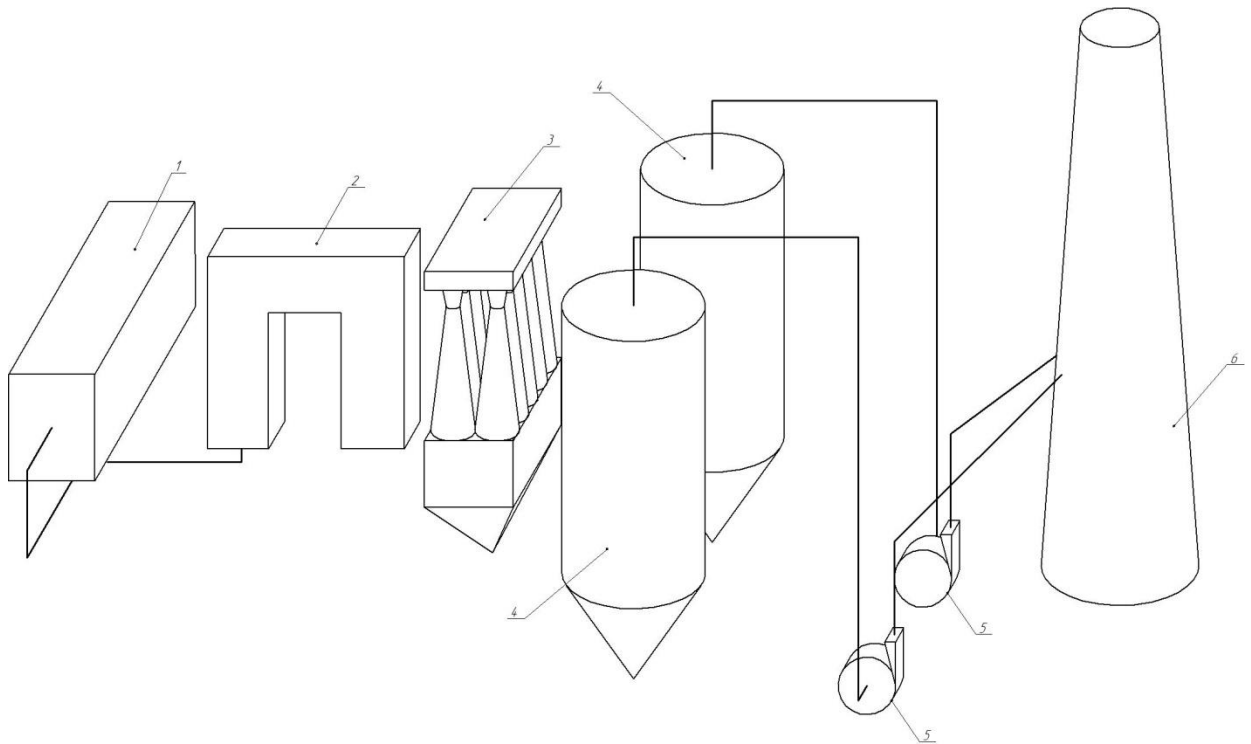


Рисунок 2.2 Схема тракту, що газовідводить

Падіння температури на 1 м довжини приймаємо $0,5$ °С (на ділянках IV, V і VI).

Загальний опір тракту, що газовідводить,

$$\Delta P_{\text{трак.п}}^{\text{п}} = 12162 \text{ Па}$$

Таблиця 2.2 Результати аеродинамічного розрахунку газового тракту

Ділянка, №	Назва	Q, м ³ /с	ρ_p , кг/м ³	V, м/с	D, м	l, м	Місцеві опори		ΔP_m , Па	ΔP_l , Па	$P_{ап}$, Па	P, Па
							Назва	ζ				
1	Піч-шлаковик	134,4	0,32	19,1	3,0	1,5				4,3		4,3
2	Шлаковик – КУ	113,15	0,38	20,7	2,6	38,0	пов. 90°	1,1	90	18	2000	2108
							кон.	0,32				
3	КУ – скрубер Вентурі	75,7	0,71	19,8	2	48	диф.	0,217	358	73	-	431
							пов. 90°	1,1				
							тр.	0,6				
							зл.	0,74				
4	Скрубер Вентурі-вентилятор	27,8	0,96	19,7	1,2	9	пов. 90°(2)	1,1	487	28	8920	9435
							кон.	0,32				
							зл.	0,74				
							тр.	0,6				
5	Вентилятор-трійник	24,7	1,08	20,6	1,1	5	диф.	0,034	8	27		35
6	трійник – димова труба	49,4	1,08	19,8	1,6	30	пов розш.мит.	1,1 0,74	40	88		128
7	Димова труба	49,4	1,08	6,7	2,2	60	Розш.мит.	1	3	18	-	21

2.4 Розрахунок і вибір тягодуттєвого устаткування

Вентилятор вибираємо на основі аеродинамічного розрахунку тракту, що газовідводить.

Витрата газів і опір системи вище в безпродувний період. Тому вентилятор вибираємо по параметрах системи для цього періоду мартенівського процесу.

Продуктивність вентилятора Q_B приймаємо із запасом 10% по відношенню до розрахункової кількості газів вентилятора Q_p , м³/с:

$$Q_B = 1,1 \cdot Q_p \cdot \frac{B}{101,3}.$$

Перепад тиску на вентиляторі, Па:

$$\Delta P_B = \Delta P_{\text{трак}} \pm \Delta P_{\Sigma}.$$

Створюване дымососом розрідження приведенне до умов каталогу, по якому вибираємо вентилятор $\Delta P_{\text{кат.}}$, приймається рівним, Па:

$$\Delta P_{\text{кат.}} = \Delta P_B \cdot K,$$

де K - коефіцієнт перерахунку.

$$K = \frac{(273 + t_g) \cdot 101,3 \cdot \rho_{0_2}}{(273 + t_{\text{кат.}}) \cdot B \cdot \rho_{0B}},$$

де t_g - температура газу у вентилятора, °С;

$t_{\text{кат.}}$ - температура, до якої віднесені каталожні дані, °С;

ρ_{0g} і ρ_{0B} - щільність відповідно газу і повітря за нормальних умов, кг/м³.

Споживану вентилятором потужність N_B визначимо по формулі, кВт:

$$N_B = \frac{Q_{\text{кат.}} \cdot \Delta P_{\text{кат.}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{кат.}} \cdot K},$$

Тоді:

$$Q_o^n = 1,1 \cdot 55,6 \cdot \frac{100,9}{100,3} = 61,5 \text{ м}^3/\text{с} \text{ або } 221493 \text{ м}^3/\text{Год}$$

$$\Delta P_{\text{д}}^n = 12162 - 101 = 12061 \text{ Па}$$

$$K = \frac{(273+54) \cdot 101,3 \cdot 1,08}{(273+70) \cdot 100,9 \cdot 1,29} = 0,95,$$

$$\Delta P_{кат}^n = 12061 \cdot 0,95 = 11458 \text{ Па}$$

$$N_{\delta}^n = \frac{44,8 \cdot 11458 \cdot 10^{-3}}{0,81 \cdot 0,95} = 667 \text{ кВт.}$$

Необхідна потужність електродвигуна для вентилятора з урахуванням коефіцієнта запасу, кВт:

$$N_{э} = 1,05 \cdot N_{в}$$

$$N_{э} = 1,05 \cdot 629 = 700 \text{ кВт.}$$

Приймаємо до установки два вентилятори типу ВМ-20А, технічна характеристика в таблиці.2.3 [23].

Таблиця 2.3 - Технічна характеристика вентилятора ВМ-20А

Характеристика	Одиниця виміру	Чисельне значення
1. Частота обертання	об/хв	1480
2. Продуктивність	тис.м ³ /ч	150
3. Повний тиск	Па	12900
4. Споживана потужність	кВт	800
5. Максимальний к.к.д.		0,81
6. Розрахункова температура	°С	70

До установки приймаємо електродвигун типу ДА-304/450У/4У1. Технічна характеристика приведена в таблицю.2.4 [23].

Таблиця 2.4 - Технічна характеристика електродвигуна типу ДА-304/450У/4У1

Характеристика	Одиниця виміру	Чисельне значення
1. Частота обертання	про/мін	1500
2. Напруга	В	6000
3. Потужність	кВт	800

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз потенційно небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища мартенівського цеху

Мартенівське виробництво безперервно пов'язане з високими температурами, тиском, з утворенням великих кількостей вибухонебезпечних і отруйних газів, рідких продуктів плавки, з пересуванням великих кількостей вантажів і насиченістю механічним і електричним устаткуванням.

Безпека мартенівського процесу виплавки сталі вимагає дотримання певних технологічних його параметрів, серед яких порядок завалки шихтових матеріалів у піч, заливання чавуну, ведення плавки, підготовки та проведення окремих операцій і т.д.

Нормованим параметром мартенівської плавки є маса шихтових матеріалів. До металевої шихти відносять передільний чушко-вий і розплавлений чавун, сталевий брухт, добавки та розкислювачі. Перевищення параметрів плавки за масою вихідних шихтових матеріалів призводить до переповнення ванни продуктами плавки, що може призвести до різноманітних екстремальних відхилень [24].

Основні процеси плавлення відбуваються при високій температурі, одержуваної в робочому просторі мартенівської печі в результаті згоряння палива. Смолоскип полум'я є джерелом тепла в печі, яке передається ванні, зводу і стінкам. Температуру в робочому просторі печі підтримують у межах. Підвищення нормованих параметрів температури різко знижує стійкість вогнетривкої кладки печі; зниження температури збільшує тривалість плавки, зменшує швидкість обмінних процесів і т.д. При цьому спостерігається зниження безпеки процесу.

Джерелами випромінювань є факел полум'я, нагріте до високої температури вогнетривке футерування внутрішнього простору печі і поверхня розплавленого металу і шлаку, дія яких проявляється при відкритих вікнах печі. Крім того, джерелами випромінювань є чавун, що заливається, рідкий шлак, розплавлений метал при випуску і розливанні стали. Усі джерела мають температуру, що перевищує

500°C, тому спектр випромінювання містить світлові і інфрачервоні промені. Інтенсивність опромінення на робочих місцях від 0,01 до 10,5 кВт/м², при нормативному значенні 140 Вт/м² [25].

Інфрачервоні випромінювання впливають на функціональний стан людини, його центральну нервову систему, серцево-судинну систему. Відзначається різке почастищення серцебиття, підвищення максимального і пониження мінімального артеріального тиску, почастищення дихання, підвищення температури тіла і посилення потовиділення, захворюваність серцево-судинної системи і органів травлення.

Світлові випромінювання можуть викликати цілий ряд патологічних змін в стані очей: кон'юнктивіти, помутніння рогівки, депігментацію райдужки, спазм зіниць, помутніння кришталика, опік сітківки та ін.

У мартенівському цеху утворюється і виділяється у виробниче приміщення велика кількість пилу. Основним джерелом є мартенівська піч. У зоні пічного прольоту концентрація пилу досягає 180,3 мг/м³. Джерелом її попадання в робочу зону є також негерметична устаткування при проведенні операцій по завалці шихти. Нормативний вміст пилу в повітрі робочої зони складає 4 мг/м³.

Проникаючи в організм при диханні, при заковтуванні і через пори шкіри, пил може викликати різні професійні захворювання. Мартенівський пил відноситься до пилу неорганічного походження. До її складу входять залізо, хром, нікель, марганець, бенз(а)пирен, мідь. Ці речовини, залежно від концентрації, можуть чинити токсичний вплив на організм того, що працює.

В ході технологічного процесу також виділяються газоподібні шкідливі речовини. Основним джерелом забруднення повітряного середовища цеху газовими виділеннями є мартенівська піч. При вибиванні язиків полум'я з-під заслінок вікон, відкриванні вікон печі, а також при випуску і розкислюванні стали з робочого простору печі і з ківшу виділяються гази.

У повітря робочої зони потрапляють наступні газоподібні речовини: CO, SO₂, NO_x та ін. Оксид вуглецю (II) є продуктом неповного згорання палива або утворюється в результаті фізико-хімічних реакцій в процесі плавки. CO потрапляє

в організм людини через дихальні шляхи. Із-за утворення карбоксигемоглобіну різко знижується здатність крові переносити кисень до тканин, може наступити кисневе голодування. Головним чином, це впливає на функції центральної нервової системи. Сірчаний ангідрид має подразливу дію. При контакті з біологічними органами він викликає запальну реакцію, причому в першу чергу страждають органи дихання, шкіра і слизові оболонки очей.

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

Джерелами постійних шумових навантажень є віброживильники, пластинчаті конвеєра, вентиляційні установки, мотор-генератор машинних залів, витік повітря, різні звукові сигнали і так далі. Рівень шуму на робочому місці сталевара складає 96 дБА, при нормативі 80 дБА [.

Оцінка чинників виробничого середовища і трудового процесу для сталевара в мартенівському цеху приведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Оцінка чинників виробничого середовища і трудового процесу (робоче місце - пічний проліт, професія - сталевар)

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК)	Фактичне значення	Клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Тривалість дії чинника в зміні, %
				I ст	II ст	III ст	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³						
	1 клас:						
	Cr	0.01	0.059	-	5,9p	-	80
	Ni	0.05	0.015	-	-	-	80
	Mn	0.05	0.27	3,7p	5,4p	-	80
	3 клас: CO	2.0	7,4	2,85	-	-	80
	SO ₂	10.0	28,5	p	-	-	80
	NO	5.0	35.5	-	7.1p	-	80
2	Пил фіброгенної дії, мг/м ³	4	180,3	-	-	45,1p	80
3	Шум, дБА	80	96		16	-	80

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК)	Фактичне значення	Клас шкідливих і небезпечних умов і характер праці			Тривалість дії чинника в зміну, %
				I ст	II ст	III ст	
4	Мікроклімат в приміщенні (у теплий період):						
	- температура повітря, °С	27	41	-	-	14	80
	- швидкість руху повітря, м/с	0.6	0,47	-	-	-	80
	- відносна вологість повітря, %	<70	40-50	-	-	-	80
	інфрачервоне випромінювання, Вт/м ₂	140	5220	-	-	5220	80
5	Тяжкість і напруженість праці	Середній тяжкості, дуже напружена (III).					

Як видно з таблиці, згідно гігієнічної класифікації праці на умови праці сталевара в мартенівському цеху найбільший вплив робить такі чинники, як пил і теплове випромінювання (III ступінь шкідливості і небезпеки) [27].

3.2 Визначення ступеня безпеки мартенівського виробництва

Безпека мартенівського виробництва V_n є складною багатofункціональною залежністю:

$$V_n = f(m, p, v, t, V),$$

де m - маса чавуну, що подається, і шихти;

p - тиск усередині печі;

v - швидкість опускання чавуну і шихти;

t - температура плавлення;

V - об'єм шихтових матеріалів і чавуну на різних стадіях переробки, стану газової фази та ін.

Рівень безпеки технологічного процесу виплавки сталі розрахований для стаціонарної мартенівської печі номінальною місткістю 500т. Тривалість гарячих

і холодних ремонтів $t=48,7$ год. Час протікання процесу T - 1міс. (720год). Час роботи мартенівської печі;

$$T'_{02} = T - t = 720 - 48.7 = 671.3 \text{ год.}$$

Рівень безпеки технологічного процесу може бути розрахований по формулі []:

$$U'_0 = 1 - \frac{\sum t'_i + \sum \tau'_i + \sum \varphi'_i}{T'} \quad (3.1)$$

де $\sum t'_i$ - загальна тривалість процесу, протягом якого відбувалися порушення параметрів безпеки, год;

$\sum \tau'_i$ - загальна тривалість екстремальних відхилень процесу, год;

$\sum \varphi'$ - загальна тривалість протікання процесу з порушенням параметрів безпеки під впливом зовнішніх чинників або в результаті несправності агрегату або його окремих елементів, год;

T' - час роботи агрегату, год.

Основні порушення і екстремальні відхилення параметрів безпеки мартенівського процесу і їх тривалість, год:

1) Порушення параметрів t' :

переокисленість металу - 50.6;

перегрівання металу - 24.3;

перевищення допустимого рівня металу, оплавлення зведення печі (підвищена температура в печі) - 23.8;

високий тиск газів в печі - 47.5

$$\sum t' = 166.0$$

2) Екстремальні відхилення параметрів τ' :

подача в піч пилоподібних шлакоутворюючих матеріалів (спінювання і викид шлаку) - 6.8;

подача рудної шихти (агломерату, окатишів, залізняка) в перегрітий метал (викиди металу) - 13.6;

подача в піч непросушених феросплавів (викиди металу) - 4.2

$$\sum \tau' = 24.$$

3) Порушення параметрів під впливом зовнішніх чинників або в результаті несправності агрегату або його елементів φ' :

завалка негабаритного лому - 58.8;

порушення цілісності поду - 7.4;

подача в ківш непросушених феросплавів - 14.2;

порушення цілісності системи охолодження фурм - 5.6

$$\sum \varphi' = 86.0$$

Рівень безпеки технологічного процесу виплавки сталі в мартенівській печі в даному випадку складе:

$$U'_b = 1 - \frac{\sum t'_i + \sum \tau'_i + \sum \varphi'_i}{T'} = 1 - \frac{166.0 + 24.6 + 86.0}{671.3} = 0.588.$$

Рівень небезпеки мартенівського процесу досить високий.

Для того, щоб підвищити рівень безпеки необхідно знизити вплив зовнішніх чинників, а також не допускати несправності агрегату.

3.3 Заходи по забезпеченню безпеки праці

Суворе дотримання геометричних параметрів робочого простору мартенівської печі має величезне значення для забезпечення безпеки процесу. Ванна печі, особливо поду, відчуває великі гідростатичні тиски розплавленого металу: при порушенні цілісності ванни виникає ймовірність екстремальних відхилень, пов'язаних з проривом вогнетривкої кладки і відходом сталі з печі. Порушення цілісності інших елементів вогнетривкої кладки печі пов'язані з такими екстремальними відхиленнями, як обвалення склепіння, стінок і т.д.

Особливо високі вимоги пред'являються забезпечення сталості геометричних розмірів і стану поверхні подини мартенівської печі, яка знаходиться практично в постійному контакті з розплавленим металом і шлаком і піддається сильно-

му зносу. Тому футерування подини, укосів і стінок мартенівської печі повинна бути непроникна для розплавлених металу і шлаку.

При виплавці сталі в мартенівських печах поряд з заходами, що забезпечують безпеку виробничого процесу, слід дотримуватися заходів, що гарантують безпеку праці.

Заправку печі роблять тільки з боку непрацюючої головки печі, тому перед кожним перекиданням клапанів подають звуковий сигнал. Мартенівська піч оснащена сигналізацією, зблокованою з механізмом перекидання клапанів, що забезпечує реверс газу; тривалість подачі сигналу не перевищує 1 хв. Тому при перших звуках сигналізації персонал печі віддаляється від робочих вікон, щоб уникнути отримання опіків від полум'я, що викидається через них. У період перекидання клапанів та зміни напрямку газу та полум'я в робочому просторі печі припиняють або зупиняють проведення операцій із завалки шихти в піч.

Про переміщення мульд машиною завалки сповіщають звуковим сигналом. Залізну руду та вапняк завалюють у піч шарами невеликої товщини, попередньо добре їх прогрівання.

Для заливки чавуну в піч із боку завалочних вікон застосовують знімні підвісні жолоби або жолоби, встановлені на спеціальних підставках. Жолоб перед проведенням заливки очищають від скрапу, ремонтують, висушують і прогрівають. Чавуновозний ківш підвішують над жолобом таким чином, щоб висота падіння струменя була мінімальною, а потужність її не викликала переповнення жолоба чавуном.

Злив чавуну з ковшів, що мають на поверхні застиглу кірку, може призвести до аварії. Для пробивання або пропалювання кірки в певному місці у ковша влаштовують спеціальний майданчик, забезпечену перилами і захисними пристроями від бризок і теплового опромінення. Під час зливу чавуну обслуговуючий персонал видаляють від ковша і жолоба на безпечну відстань.

Оповіщення проведення небезпечної операції видування залишків металу і шлаку з ям і заглиблень на подіні печі виробляють звуковим сигналом перед по-

чатком видування; персонал, що знаходиться біля сталевипускного жолоба та в розливному прольоті поблизу печі, видаляють із небезпечної зони.

Перед розвантаженням руди подають звуковий сигнал, а обслуговуючий персонал віддаляється від печі на безпечну відстань.

Робочий майданчик пічного прольоту по всьому периметру має перильне огороження (висота поручнів 1.2 м) з суцільною обгорткуванням по низу. Для захисту людей від бризок чавуну місце для встановлення ковша огорожене запобіжними щитами.

Висота розливного майданчика визначається висотою виливниць, встановлених на візках. При цьому верхній зріз виливниці дещо вищий, ніж рівень майданчика, зниження теплового впливу відкритого дзеркала металу на обслуговуючий персонал. Ширина майданчиків забезпечує розміщення необхідного обладнання та інструменту, а також сприяє безпечним умовам праці при розливанні сталі. З цією ж метою в стіні розливного прольоту є численні дверні отвори з виходами на спеціальний балкон, розташований на зовнішній стороні будівлі по всій довжині розливу для видалення обслуговуючого персоналу у разі виникнення аварійної ситуації.

Пристрій випускного жолоба виключає можливість переповнення його металом, а також роз'їдання футерування і прориву металу при випуску плавки.

Для обслуговування випускного жолоба біля нього влаштовано металевий майданчик зі сходами та поручнями (висота поручнів 0.8 м). Поверхня майданчика футерована цеглою і не має вибоїн і ям.

Всі елементи охолодження печі та підведення води герметичні.

У діючих мартенівських цехах вирішальним напрямом безпеки праці є механізація і автоматизація виконуваних операцій і впровадження засобів захисту тих, що працюють. Так на ливарному дворі механізовано багато операцій по обслуговуванню і ремонту головних жолобів за допомогою електротромбовок, підлогових поворотних кранів, а для розливання сталі на ливарному дворі передбачається жолоби ванного типу, що коливаються [27].

Для зниження тепловипромінювання дуже перспективно застосовувати форми з набиванням з вогнетривкої маси, дистанційного керування бурильними помпами з фрезою для оброблення чавунної стрічки. Системи автоматичного контролю за станом повітряних фурм з набиванням з вогнетривкої маси дозволяють виключити їх прогорання і пов'язані з ним аварії і нещасні випадки. Надійніша робота засипного апарату досягається шляхом контролю витрати і тиску газу, що поступає в робочий простір печі. Такий контроль з одночасним автоматичним регулюванням цих параметрів дозволяє збільшити термін служби засипних апаратів, ліквідувати небезпечні умови праці обслуговуючого персоналу [25].

Впровадження випробуваних засобів і засобів захисту працівників, сприяють скороченню важких і трудоемних операцій в мартенівському виробництві.

3.4 Технічні рішення з промислової гігієни та виробничої санітарії

3.4.1 Об'ємно-планувальні рішення будівель і споруджень

Мартенівський цех розташовується з підвітряного боку по відношенню до житлового району, а також до цехів, джерелами виділення вредностей, що не являються, в довкілля і до адміністративно-побутових будівель.

Мартенівський цех відноситься до групи гарячих цехів. Гарячі цехи розміщують по можливості в одно- і двопролітних будівлях. У основних одноповерхових виробничих будівлях слід застосовувати прольоти 24,30 і 36 м Крок основних колон по крайніх і середніх осях будівель з мостовими кранами рекомендується приймати рівним 12 м. Об'єм виробничих приміщень на того, що одного працює приймають не менше 15 м^3 , а площа не менше $4,5 \text{ м}^2$. Висоту приміщення від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і устаткування в місцях регулярного проходу людей приймають не менше 2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей не менше 1,8 м

Входи в будівлі цеху розташовані так, щоб було зручно і безпечно проходити до робочих місць. При в'їзді транспорту і вході людей до приміщень, де пра-

цюють вантажопідйомні крани, у воротах, проходах і дверях влаштовують світлову сигналізацію, що застерезливу про небезпеку або забороняє в'їзд транс-юрта або прохід людей.

Між підприємством і житловим районом створюється санітарно-захисна зона, ширина якої залежить від кількості шкідливостей, що викидаються підприємством в повітряний басейн. Санітарні норми проектування промислових підприємств встановлюють ширину санітарно-захисної зони для першого класу підприємства рівну 1000 м [27].

3.4.2 Опалювання і вентиляція

Внаслідок виділення великої кількості надмірного тепла в мартенівському цеху потрібно значний повітрообмін, особливо в літній час.

У мартенівському цеху передбачаються наступні системи опалювання :

а) централізована система опалювання з місцевими нагрівальними приладами повітрянагрівачів, електроприміщень, вагової, гідроустановок і радіаторами РСГ - 2 в кімнаті відпочинку.

Б) парова система опалювання чергового з місцевими нагрівальними приладами - регістрами з гладких труб в приміщеннях гідравлічної станції управління механізмами і маслонасосами.

Вентиляція є ефективним засобом забезпечення потрібних гігієнічних якостей повітря, відповідних вимог. У мартенівському цеху для припливу зовнішнього повітря влаштовані отвори в зовнішніх стінах, причому низ отворів знаходиться на висоті 2 м. Для збільшення теплового тиску на будівлі знаходяться витяжні шахти. На витяжних шахтах встановлені дефлектори, що дозволяють збільшити повітрообмін за рахунок вітрового натиску. У мартенівському цеху застосовуються також механічна загальнообмінна припливно-витяжна вентиляція теплонадлишків з подачею в усі вбудовані приміщення ливарного двору, скипового підйомника, вагову, маслонасосну, електроприміщення повітрянагрівачів. У місцях по-

стійного перебування робітників, що піддаються дії теплової радіації інтенсивністю 140 Вт/м² і більше, застосовується повітряне душування.

Значення параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 3.2 [27].

Таблиця 3.2 - Значення прийнятих допустимих параметрів повітряного середовища в робочій зоні виробничих приміщень

Характеристика виробничих приміщень по надмірних тепловиделіннях	Категорія роботи по тяжкості	Період року			Температура повітря зовні постійних робітничих місць, °С
		На постійних робочих місцях			
		Температура повітря, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с	
Більше 23 Вт/м ³	Середній тяжкості	Холодний і перехідний період року			15-24
		16-22	Не >75	Не >0,5	
	Середній тяжкості	Теплий період року			Не вище чим на 5°С
		не >28	Не >55	0,05-1	

3.4.3 Освітлення

Особливістю роботи в мартенівському цеху є те, що періодично в полі зору експлуатаційного персоналу знаходяться розплавлені маси сталі, а також смолоскипи гарячого газу. Ці джерела мають високу яскравість, що різко відрізняється від навколишнього фону. Виходячи з цього, згідно [24], мартенівський цех можна віднести до 7 розряду зорової роботи.

Природне освітлення передбачено для приміщень із постійним перебуванням у них людей. При роботі в нічний час у виробничих приміщеннях застосовується штучне освітлення.

У мартенівському цеху застосовують лампи розжарювання. Оскільки там виконуються роботи, для яких нормована освітленість 50, не висуваються підвищені вимоги до правильного розрізнення кольорів поверхонь.

Використовуємо світильник-глибоковипромінювач середнього світлорозподільника з відкритим виконавцем та прямим глибоким світлорозподільником. Потужність світильників Гс 1000 Вт.

Коефіцієнт запасу світильників в залежності від запиленості становить 1,5 для виробничих приміщень з повітряним середовищем у робочій зоні понад 5 мг/м³ пилю, диму, кіптяви.

Також для штучного освітлення у мартенівському цеху застосовуються лампи розжарювання потужністю 750 та 500 Вт. Для бічного освітлення – 80 шт. (750 Вт); для верхнього освітлення – 80 шт. (500 Вт).

3.4.4 Санітарно-побутові приміщення

До складу санітарно - побутових приміщень входять: гардеробні, душові, умивальні, кімнати гігієни, кімнати їди, приміщення для обігріву або охолодження, приміщення для обробки, зберігання і видачі спецодягу.

Побутові приміщення, якими робітники користуються в робочий час, розміщуються на площі цеху. До них відносяться: пункти питної води, санвузли, кімнати відпочинку.

Будівлі побутових приміщень мартенівського цеху розпологають з боку завантажувального прольоту. Будівлі санітарно - побутових пристроїв соединені з головною будівлею цегляними переходами, що утеплюють, або тунелями.

Душові розміщують в приміщеннях, суміжних з гардеробами. Вони відділяються один від одного вологостійкими перегородками або висотою 1,6м і не доходять на 0,2м до підлоги.

Умивальників розміщують в гардеробах. Частина умивальників розміщується на вільних ділянках цеху поблизу робочих місць.

Згідно з санітарними нормами проектування підприємств, відстань до санвузлів не повинна перевищувати 100м від найбільш видаленого робочого місця. Поза будівлею ця відстань має бути не більше 200м.

Відстань від робочих місць до пункту живлення повинна складати при обідній перерві тривалістю 30 хв. не більше 200м [27].

Кімнати відпочинку обладналися в герметичному, звукоізолюваному (рівень шуму не більше 50 дБА) приміщенні з кондиціонуванням повітря, установ-

ками-автоматами ОМ- 1 для проведення оксигенопрофілактики, напівдушем, кріслами для прийняття зручної для розслаблення м'язів пози.

3.4.5 Виробничий шум, виробнича вібрація

При виконанні деяких операцій мартенівського процесу виникає шум механічного, аеродинамічного і термічного походження (рух кранів, машин завалок, рух газових потоків в печі і газоходах і тому подібне), що вимагає забезпечення захисту персоналу. Рівень шуму на робочому місці сталевара складає 96 дБА, при нормативі 80 дБА.

Шкідлива дія шуму виражається в порушенні функції слуху і змінах нервової системи в результаті її перенапруження. Робота в умовах сильного шуму може викликати головний біль, запаморочення, послаблення уваги до навколишнього оточення, нерідко знижує гостроту сприйняття сигналів. Особливою небезпекою є спільний вплив шуму і вібрації, який може привести до захворювань серцево-судинної системи, розширення вен, захворюванню плечових суглобів і до інших порушень.

Для захисту робітників від шуму слідують шумоізолювати вбудовані приміщення - головні пости управління, приміщення обчислювального центру, кімнати відпочинку. Для зниження шуму агрегатів використовують звукоізолюючі кожухи, в які роблять висновки або увесь агрегат, або його шумлячі вузли [26]. Послаблення шуму пвітря(газо) -проводів досягають плавністю руху повітряного потоку, плавними переходами в місцях зміни напрямку трубопроводу, застосуванням глушників. Над шумлячим устаткуванням підвішують штучні звукопоглотителі - плоскі або об'ємні звукопоглинальні елементи.

Для індивідуальних засобів захисту органів слуху застосовують противошуми (антифони), зовнішні і внутрішні. Зовнішні противошуми (шумозахисні навушники) прикривають вушну раковину. Внутрішні (заглушки, вкладиші) вставляють в зовнішній слуховий прохід. По роду матеріалу внутрішні противошуми бувають м'які і тверді. М'які виготовляють з губки, вати, марлі; іноді їх просочу-

ють маслами, воском, смолами, парафіном і так далі, тверді - з пластмас, ебоніту, гуми.

Для захисту від вібрацій використовують рукавиці з подвійним шаром із поролону. Застосовують також антивібраційні пояси, подушки, прокладки, взуття та килимки.

3.4.6 Виробничі випромінювання

Джерелами випромінювань в мартенівському виробництві є факел полум'я, нагріте до високої температури вогнетривке футерування внутрішнього простору печі і поверхня розплавленого металу і шлаку, дія яких проявляється при відкритих вікнах печі. Крім того, джерелами випромінювань є чавун, що заливається, рідкий шлак, розплавлений метал при випуску і розливанні стали. Усі джерела мають температуру, що перевищує 500°C , тому спектр випромінювання містить світлові і інфрачервоні промені. Інтенсивність опромінення на робочих місцях від 0,01 до $10,5 \text{ кВт/м}^2$, при нормативному значенні 140 Вт/м^2 .

Для захисту від теплових випромінювань і створення необхідних умов праці застосовують: теплову ізоляцію поверхонь, випромінюючих тепло; прискорене проведення операцій, пов'язаних з відкриванням вікон, заливкою чавуну, скачуванням шлаку, випуском і розливанням стали; екранування робочих місць; природну і механічну вентиляцію; водорозпилювання на робочих місцях; спецодяг і інші засоби індивідуального захисту.

3.5 Заходи з електробезпеки

Мартенівський цех оснащений великою кількістю електроапаратури, електродвигунів (Д-816, Д-812, Д-808, ДП-21, Д-12, П-22, МТКФ-111-6, МТКФ-211-6, ВАТ -2-315-8, 4-АМ-250-М8 та ін.). У цеху використовується різноманітне електроустаткування: заливальні та розливні крани, завалочні машини, щити управлін-

ня технологічним процесом, допоміжне обладнання в процесі технологічного процесу та ін.

Максимальна напруга, яка використовується у цеху, 6000 В.

З урахуванням середовища у виробничому приміщенні мартенівського цеху його можна віднести до особливо небезпечного приміщення для ураження електричним струмом. Тут є такі чинники: підвищена температура повітря 38-43°C; струмопровідні підлоги; можливість одночасного дотику до металевих конструкцій електрообладнання та металевих конструкцій, з'єднаних із землею.

Для живлення електрообладнання, що використовується в пічному та розливному прольотах, застосовується напруга не більше 380 В.

По технологічних вимогах і за умовами безпеки найоптимальнішою для мартенівського цеху є чотирипровідна мережа з глухозаземленою нейтраллю, оскільки вона дозволяє використовувати два робітників напруги - лінійне і фазне. Від чотирипровідної мережі 380 В можна живити як силове навантаження трифазну або однофазну, включаючи її між фазними дротами на лінійну напругу 380 В, так і освітлювальну, включаючи її між фазним і нульовим дротами, тобто на фазну напругу 220 В. При цьому досягається значне здешевлення електроустановки в цілому, завдяки застосуванню меншого числа трансформаторів, меншого перерізу дротів і тому подібне

В процесі роботи робітники мартенівського цеху контактує з електроосвітлювальним устаткуванням, що зв'язано з небезпекою поразки електричним струмом. При розташуванні електросвітильників нижче 2,5 м від рівня підлоги або робочих майданчиків виникає небезпека дотику до їх арматури. У зв'язку з цим вимагається заземляти арматуру світильників напругою більше 110 В, а в приміщеннях з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних повинна застосовуватися напруга не більше 42 В. Переносні світильники також мають бути під напругою не вище 42 В, а за наявності особливо несприятливих умов, наприклад при роботі в металевих резервуарах, усередині барабанів, дробарок і тому подібне, застосовується напруга не більше 12 В. Переносні лампи мають бути поміщені в безпечну арматуру, а токопідводячий дріт забезпечується надійною ізоляцією.

3.6 Заходи пожежної безпеки

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

За правилами пожежної безпеки приміщення мартенівського цеху підрозділяють на:

1) пожежні приміщення, в яких застосовують або зберігають горючі речовини. Вони діляться на класи. До класу П- 1 відноситься пічною і розливний прольоти. Підсобні приміщення можна віднести до класу П-11а.

2) вибухонебезпечні приміщення, в яких при нормальних повільних режимах роботи виділяються горючі гази або пари, здатні утворювати з повітрям або іншими окисниками вибухонебезпечні суміші. Сюди можна віднести приміщення газоочищення - В - 1а.

Загалом мартенівський цех відноситься до категорії Г, клас зони П- 1, ступінь вогнестійкості III [27]. Для запобігання пожежам виробничі приміщення різних категорій відокремлені один від одного, а також від галерей транспортерів, коридорів і сходових маршів протипожежними стінами. Передбачені проектом отвори в протипожежних стінах захищені протипожежними дверима, обладнаними пристроями для самозакривання. У усіх виробничих приміщеннях мартенівського цеху передбачено мінімум два евакуаційні виходи. При випуску металу і шлаку забороняється використання ковшів і виливниць з важливими матеріалами, так як в таких умовах обов'язково відбудеться викид або розбризкування металу (шлаку). Тому на місцях розливу не повинно бути жодних горючих матеріалів. Всі електричні кабелі та пристрої газопроводів біля місць розливання металу та випуску шлаку повинні бути захищені від механічних ушкоджень, впливу променистого тепла, а також від попадання бризок металу та шлаку. У фундаментів мартенівських печей не можна складувати будь-які горючі матеріали, відходи виробництва. Дахи та навіси ливарних дворів повинні регулярно очищатися від пилу.

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

Як вогнегасні речовини використовують воду, інертні гази, хімічну і повітряно-механічну піну, тверду вуглекислоту, пісок, спеціальні флюси, кошми.

Для гасіння пожеж застосовують в мартенівському цеху вогнегасники ОХП-10, ОУ- 5 і ОУ- 8.

ВИСНОВКИ

У загальній частині дипломного проекту була розглянута технологія виплавки стали в мартенівських печах. Визначені основні фізико-хімічні чинники, що впливають на утворення шкідливостей мартенівського виробництва. Представлені кількісні та якісні характеристики пылогазових викидів мартенівського виробництва. Основним шкідливим компонентом газів, що відходять, є тонкодисперсний пил і оксиди сірки та азоту. Проаналізовані найбільш поширені схеми очищення газів мартенівських печей та технологічні параметри їх експлуатації, визначені їх достоїнства і недоліки. На підставі цього обрана мокра схема очищення газів та обґрунтована її доцільність.

У розрахунковій частині підібране устаткування по утилізації фізичного тепла газів, що відходять. Запропонований до впровадження котел-утилізатор марки КУ-150, який дозволяє знизити температуру газів до 213°C та отримати 50,5 т/год технологічної пари.

Виконані розрахунки апаратів системи очищення газів та зворотного циклу очистки стічних вод. Запропоновано скруббер Вентурі з десяти паралельно встановлених низьконапірних труб Вентурі марки ГВПВ-0,030-01 діаметром горловини 200мм (швидкість руху газів у горловині 136 м/с) та двох краплевловлювачів марки КЦТ-2400 діаметром 2,4м (швидкість руху газів 4,49 м/с).

Виконано аеродинамічний розрахунок газовідвідного тракту, загальний опір якого становить близько 12 кПа. Підібрано тягодуттєве обладнання у вигляді двох паралельно працюючих вентиляторів марки ВМ-20А з електродвигунами потужністю по 800 КВт, марка ДА-304/450У/4У1.

Проектоване газоочищення забезпечує очищення газів з ефективністю 98,8% та кінцевою запиленістю не більше 50 мг/м^3 .

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуті основні шкідливі і небезпечні чинники феросплавного виробництва і запропоновані заходи щодо їх усунення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Бережний М.М., Чубенко В.А. Основи проектування технологічних ліній і комплексів металургійних цехів: монографія. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2009. – 430 с.
2. ТИ 226-СТ.М.-03-91. Приемка в миксерное отделение, хранение в миксерах и выдача жидкого чугуна для сталеплавильных печей: технологическая инструкция/Запорожье. Издатель, 1992. 137с.
3. Металлургия черных и цветных металлов: учебник для вузов/Е.В.Челищев и др. М.: Металлургия, 1993.-538с.
4. Верховлюк А.М., Нарівський А.В., Могилатенко В.Г. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва: навч. посібник/За ред. академіка НАН України В.Л. Найдека. – К.: Видавничий дім “Вініченко”, 2016. – 224 с.
5. Гребеник В.М., Иванченко Ф.К., Павленко Б.А. Механическое оборудование металлургических заводов. – К.: Высш. шк., 1990. 288 с.;
6. Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії. Дніпропетровськ: «Пороги», 2001. – 334 с.
7. Кудрин В.А. Металлургия стали. – М.: Металлургия, 1981. – 488с
8. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник для металург. спец. вищ. навч. закл. Д. Ф. Чернега та ін./за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. - Київ : Вища шк., 2006. - 503 с.
9. Уминський С.М., Лебедев Б.В., Житков С.С. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство: навч. посіб. для студентів ВНЗ / Одес. держ. аграр. ун-т. - Одеса : ТЕС, 2017. - 171 с.
10. Толочко А.И., Филиппев О.В. Очистка технологических и неорганизованных выбросов от пыли в черной металлургии, – М.: Металлургия, 1986. – 208 с.
11. Старк С.Б. Газоочистные аппараты и установки на металлургическом производстве. - М.: Металлургия, 1990. – 400 с.

12. Алиев Г.М. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов: Справ. изд. – М.: Металлургия, 1986. – 544 с.
13. Денисов С.І. Уловлювання та утилізація пилів та газів: навч. посібник - К.: Вища шк., 1992. - 333 с.
14. Захист навколишнього середовища при роботі теплотехнологічного устаткування: навч. посібник / Н.А. Шаройко та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – 395 с
15. Тимонин А. С. Инженерно-экологический справочник. Т. 1. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2003. – 917 с.
16. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Металургійний та енергетичний комплекс Ч. І.: навч. посіб. – Харків : НТУ «ХП», Лідер, 2020. – 212 с.
17. Грес Л. П., Єрьомін О. О., Каракаш Є. О., Радченко Ю. М. Екологічні аспекти металургійних технологій (1 ч.) : навч. посібник. – Дніпро: Україн. держ. ун-т науки і технол., 2022. – 106 с.
18. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери: навчальний посібник / Северин Л.І. та ін. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 388 с.
19. Крусір Г.В., Мадані М.М., Гаркович О.Л. Техніка та технології очищення газових викидів: навчальний посібник. – Одеса: ОНАХТ-Одеса, 2017. – 207 с.
20. Клименко В.В., Кравченко В. І., Телюта Р. В. Энергозбереження в теплотехнологічних процесах та установках: навчальний посібник. – Кропивницький: ПП Ексклюзив – Систем, 2020. – 2019 с.
21. Гічов Ю.О., Бойко В.М., Адаменко Д.С. Котли-утилізатори та їх тепловий розрахунок: навч. посібник. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2004. – 46. с.
22. Каталог пилогазоочисного обладнання: Каталог. – Запоріжжя: УкрНДІОГаз, 1990. – 238 с.
23. Гурвиц А. А. Справочник по пылеулавливанію в металлургии. – М.: Металлургия, 1984 – 335с.
24. Полетаєв В.П., Крюковська О.А. Охорона праці в галузі (для спеціальності «Металургія чорних металів») : навчальний посібник / під ред. д.т.н., проф. А. П. Огурцова. — Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2015. — 363 с.

25. Охорона праці на гірничо-металургійному підприємстві: навч. посібн. ч. 4: Енергетичний комплекс. / В.О. Шеремет та ін. – Дніпропетровськ: Ліра ЛТД, 2004 – 256с.
26. Грибан В. Г., Негодченко О. В. Охорона праці: навч. посібник, [для студ. вищ. навч. закл.]. — К.: Центр учбової літератури, 2009. - 280 с.
27. НПАОП 27.1-1.01-09 Правила охорони праці в сталеплавильному виробництві: Наказ Держгірпромнагляду України від 15.10.2009 № 172 «Про затвердження Правил охорони праці у сталеплавильному виробництві» // База даних «Законодавство України»/ВР України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1038-09#Text>