МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ІМ. Ю.М.ПОТЕБНІ

Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проєкт

другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему **Технології утилізації залізовмісних металургійних шламів**

Виконав: студент II курсу, групи 8.1363-мчм
спеціальності 136 Металургія
(код і назва спеціальності)
освітньої програми Металургія чорних металів
(код і назва освітньої програми)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
Г.І.Циганов
(ініціали та прізвище)

Керівник доц., к.т.н., доц. Кириченко О.Г.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент доц., к.т.н., доц. Воляр Р.М.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра____Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки___
Рівень вищої освіти____другий (магістерський)_____
Спеціальність _____136 Металургія_____
(код та назва)
Освітня програма _____Металургія чорних металів_____
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри_____

«_____»_____20____року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

_____Циганову Глібу Ігоровичу_____
(прізвище, ім'я, по батькові)
1 Тема роботи (проєкту) Технології утилізації залізовмісних металургійних шламів _____
_____
керівник роботи _____Кириченко Олексій Геннадійович, к.т.н., доц._____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «28» лютого 2024 року №359-с_____
2 Строк подання студентом роботи _____10.12.2024_____
3 Вихідні дані до роботи __Дослідити технологічні особливості утилізації залізовмісних металургійних шламів_____
_____
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат; Вступ; Аналіз сучасних тенденцій в області утилізації металургійних шламів; Методика проведення досліджень; Розробка технології утилізації залізовмісних шламів при спікання агломерату з застосуванням торфу; Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Перелік джерел посилання; Додаток А_____
5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)__17_креслень_____
_____

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз сучасних тенденцій в області утилізації металургійних шламів	Кириченко О.Г., доцент		
Методика проведення досліджень	Кириченко О.Г., доцент		
Розробка технології утилізації залізовмісних шламів при спікання агломерату з застосуванням торфу	Кириченко О.Г., доцент		
Охорона праці та техногенна безпека	Кириченко О.Г., доцент		

7 Дата видачі завдання_____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ, реферат	21.11-25.11.2024	
2	Аналіз сучасних тенденцій в області утилізації металургійних шламів	26.11-30.11.2024	
3	Методика проведення досліджень	01.12-04.12.2024	
4	Розробка технології утилізації залізовмісних шламів при спікання агломерату з застосуванням торфу	05.12-08.12.202	
5	Охорона праці та техногенна безпека	09.12-10.12.2024	
6	Висновки, перелік джерел посилання	10.12.2024	

Студент _____ _____Г.І.Циганов_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ _____О.Г.Кириченко_____
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ _____О.Г.Кириченко___
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 80 с., 19 табл., 8 рис., 1 дод., 28 джерел

ЗАЛІЗОВМІСНІ ВІДХОДИ, ШЛАМ, АГЛОМЕРАЦІЙНА ШИХТА, ШЛАМОСХОВИЩЕ, ВОДОПОГЛИНАННЯ, ТОРФ

Об'єкт дослідження – залізовмісні металургійні шлами.

Предмет дослідження – процес утилізації залізовмісних металургійних шламів.

Мета роботи – утилізація залізовмісних шламів різних металургійних виробництв та можливості залучення їх у нові металургійні переділи, зокрема в агломераційне виробництво.

Наукова новизна:

1. Встановлено, що підготовка агломераційних шихт із застосуванням торфу активованого дозволяє істотно поліпшити фракційний склад аглошихти, підвищити газопроникність шару, що спікається.

Практичне значення:

1. Розроблено технології підготовки залізовмісних шламів шляхом змішування їх з торфом активованим, що дозволило в промислових умовах збільшити частку шламів у шихті в середньому на 60%.

У вступі обґрунтований обраний напрям досліджень, визначені мета та шляхи його досягнення.

В першому розділі представлений аналіз сучасних тенденцій в області утилізації металургійних шламів.

В другому розділі наведена методика проведення досліджень.

В третьому розділі запропоновано технологію підвищення ефективності утилізації шламів шляхом використання при підготовці шламів до змішування з іншими компонентами агломераційної шихти нової добавки - торфу активованого. Визначено технологічні параметри запропонованого

процесу, отримані експериментальні та промислові результати нової технології, розраховані основні техніко-економічні параметри, дані рекомендації з організації праці.

У розділі 4 «Охорона праці та техногенна безпека» проведено аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища в лабораторії ЦЗЛ (переробки вторинних відходів), та запропоновано заходи щодо усунення або зменшення шкідливих факторів і небезпеки в лабораторії.

Розроблена технологія рекомендується для дослідно-промислових випробувань в агломераційних цехах України.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ В ОБЛАСТІ УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАМІВ 11
1.1 Інтенсивність утворення та утилізації залізовмісних шламів 19
1.2 Властивості залізовмісних шламів різних металургійних виробництв 22
1.2.1 Шлами агломераційного виробництва 22
1.2.2 Шлами доменного виробництва 24
1.2.3 Шлами газоочистки мартенівського виробництва 27
1.2.4 Шлами газоочистки конвертерного виробництва 28
1.3 Аналіз існуючої схеми складування і утилізації шламів 29
2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 34
3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗОВМІСНИХ ШЛАМІВ ПРИ СПІКАННЯ АГЛОМЕРАТУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТОРФУ 37
3.1 Аналітична оцінка властивостей торфу, як вологоємного матеріалу 37
3.2 Дослідження можливості управління властивостями агломераційних шихт, що не містять шламів 41
3.3 Експериментальне дослідження можливості управління властивостями шламовмісних шихт шляхом використання торфу 44
3.4 Дослідно-промислові випробування технології спікання агломерату з шихти, що містить металургійні шлами, із застосуванням торфу 50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА 55
4.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників

при переробки вторинних відходів в лабораторії ЦЗЛ 55
4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і
шкідливих чинників виробничого середовища лабораторії ЦЗЛ 57
4.3 Заходи з електробезпеки..... 58
4.4 Заходи пожежної безпеки..... 59
4.5 Технічні рішення виробничої санітарії..... 61
4.5.1 Розрахунок освітлення приміщення лабораторії 61
4.5.2 Опалення та вентиляція..... 63
4.5.3 Засоби індивідуального захисту 66
4.5.4 Побутові і допоміжні приміщення лабораторії..... 68
Висновки 70
Перелік джерел посилання 72
Додаток А Публікації за темою кваліфікаційної роботи 75

ВСТУП

Реалізація в Україні концепції сталого розвитку стосовно до металургії вимагає, зокрема, розробки проблем, пов'язаних з підвищенням ефективності використання твердих залізовмісних відходів виробництва [1]. Цей напрямок є актуальним як з точки зору економії незамінних природних ресурсів за рахунок рециклінгу, так і з метою зменшення забруднення відходами навколишнього середовища.

Чорна металургія, будучи однією з найбільш важливих галузей промисловості України, робить значний внесок у накопичення відходів виробництва. Разом з тим, в рамках підприємств чорної металургії цілком можливо практично повне використання, в тому числі і рециклінг різних видів відходів металургійного виробництва.

Щорічно в Україні утворюється близько 1 млрд. т відходів виробництва та споживання, з яких тільки 10-15% використовується як вторинні матеріальні ресурси. Відходи займають площу близько 70 тис. га, а їх загальний обсяг досяг 25 млрд. т. Відходи є одним з найбільш важливих факторів забруднення середовища, при цьому витрати на складування відходів іноді досягають 20% від собівартості продукції.

Однією з найбільш гострих проблем ресурсозбереження в чорній металургії є утилізація шламів. Ще до кінця 80-х років на таких найбільших металургійних комбінатах України, як Криворізький, Дніпровський та ім. Ілліча було накопичено, відповідно, 4,0; 2,2 і 3,8 млн. т залізовмісних відходів - переважно у вигляді шламів. В Україні щорічно утворюється понад 13 млн. т залізовмісних відходів, у тому числі 10 млн. т залізовмісних шламів [2].

Ступінь утилізації залізовмісних шламів на різних металургійних підприємствах різна і за даними [2] в середньому становить (%):

- Для агломераційного виробництва - 82;
- Для доменної газоочищення - 69;

- Для під бункерних приміщень доменного цеху - 50;

- Для конвертерного виробництва - 47;

- Для газоочистки мартенівського виробництва - 24.

Таким чином, резерви підвищення ступеня утилізації залізовмісних шламів на металургійних підприємствах України досить значні.

Разом з тим, залізовмісні металургійні шлами є дуже цінним вторинним ресурсом. Вміст заліза в них становить 35-55%, а іноді досягає 65% і більше. Згідно розрахункам, поданим у роботі [3], утилізація 1 т залізовмісного шламу середньостатистичного складу (у більшості випадків шлами агломераційного, доменного та сталеплавильних цехів складуються спільно) дозволяє заощадити в середньому 560 кг залізорудного концентрату, 242 кг аглоруди, 155 кг вапняку і 27 кг коксового дріб'язку.

Ефективне і максимально повне використання залізовмісних шламів не тільки раціонально з точки зору економії незамінних природних ресурсів. Тривале зберігання металургійних шламів у шламонакопичувачах неминуче супроводжується значним екологічним збитком - як в результаті інфільтрації його компонентів в ґрунтові води, так і внаслідок забруднення атмосфери пилоподібними і газоподібними речовинами. Особливо гостро ці проблеми стоять у Дніпропетровській, Донецькій і Запорізькій областях, де антропогенне навантаження на навколишнє середовище металургійних підприємств найбільше значне.

Ефективна утилізація металургійних шламів пов'язана з необхідністю їх зневоднення, що вимагає значних матеріальних та енергетичних витрат. Найбільш поширені технології зневоднення до вологості, прийнятною для подальшої утилізації шламів як компонента агломераційної шихти, пов'язані з необхідністю вакуумної фільтрації. Ці процеси реалізуються в металомістких технологічних агрегатах (зокрема, в вакуум-фільтрах різних конструкцій) і пов'язані зі значними енергетичними затратами. Крім того, навіть за умови використання реагентів, що підвищують ефективність

згущення [4], вони не забезпечують зневоднення до вологості 7-8%, оптимальної для подальшого використання.

Більш глибоке зневоднення шламів вимагає застосування термічного сушіння, наприклад в барабанних сушарках, які не тільки метало- та енергоємні, а й екологічно збиткові. Відомі прийоми перекладу вологи металургійних шламів у зв'язану форму шляхом змішування їх з сухими компонентами (сухим пилом газоочистки, негашеного вапна та ін.) супроводжуються пиловидаленням в навколишнє середовище, в них не вирішені проблеми ефективного введення сухих компонентів.

Впровадження технологій утилізації залізовмісних шламів, що передбачають брикетування [5], має цілком очевидну перспективу і набуло поширення за кордоном, однак вимагає значних капітальних вкладень. Крім того, ці технології пов'язані з необхідністю підсушування шламів [6] і термічною обробкою брикетів [7], тобто вимагають додаткових енергетичних витрат.

Такий альтернативний варіант, як використання залізовмісних шламів у циклонній плавці або в електротермічних установках [8], хоч і представляє інтерес, однак, навряд чи зможе вирішити масштабне завдання утилізації таких значних обсягів шламів.

Більшість сучасних дослідників приходять до висновку про те, що в умовах України є основним методом утилізації залізовмісних металургійних шламів, дозволяє ефективно вирішити настільки масштабне завдання без істотних капітальних вкладень, є використання їх як компонента агломераційної шихти [9].

1 АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ У ГАЛУЗІ УТИЛІЗАЦІЇ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАМІВ

Пошук шляхів підвищення ефективності утилізації залізовмісних шламів актуальний як для вітчизняних, так і для зарубіжних металургійних підприємств. Слід зазначити, що для підприємств України ця проблема особливо актуальна, оскільки тут у зв'язку з відносно низьким рівнем якості підготовлених шихтових матеріалів вихід пилу з технологічними газами (особливо в доменному і агломераційному виробництвах, а також при мартенівському виробництві сталі, яке ще збережено на ряді заводів) у кілька разів перевершує середні показники для аналогічних зарубіжних підприємств.

Наприклад, тільки в агломераційному виробництві втрати шихтових матеріалів у вигляді шламів і пилу газоочисток, змивів та аспіраційних систем складають для різних підприємств від 20 до 60 кг/т агломерату або 7-9% [10], що в кілька разів вище, ніж, наприклад , на заводі фірми Фест-Альпіне в Лінці (Австрія) [11] або на інших передових зарубіжних підприємствах [12].

Вміст дріб'язку -5 мм в скіповому агломераті вітчизняних підприємств становить в середньому 16,5% при коливаннях на різних підприємствах від 10,4 до 24,8%, в той час, як на підприємствах Західної Європи цей показник не перевищує 5%, а в Японії - 2%. Фракційний склад і міцністні характеристики доменного коксу вітчизняних підприємств також поступаються світовим стандартам [13].

Така якість шихтових матеріалів зумовлює високий рівень виносу пилу в доменному виробництві, значна частина якої утилізується у вигляді шламів.

Слід додати, що при проектуванні газоочисних пристроїв чорної металургії був прийнятий напрямок на переважно мокрий спосіб очищення газів, що відходять [14], у той час як за кордоном спостерігається тенденція до більш широкого впровадження сухих методів очищення [15]

Високий рівень накопичення залізовмісних металургійних шламів при недостатньому ступені їх утилізації робить проблему утилізації цього виду відходів одним з найбільш актуальних напрямків наукових досліджень і дослідно-конструкторських розробок у чорній металургії України.

Аналіз літературних даних показує, що залізовмісні металургійні шлами в основному застосовуються в якості додаткових шихтових матеріалів при виробництві агломерату і окатишів [16], хоча розробляються і освоєні і інші способи утилізації даного виду відходів [17].

У будь-якому випадку, залізовмісних шлами металургійних переділів, особливо в шихтових умовах України, характеризуються порівняно низьким вмістом цинку, вважаються [18] цілком кондиційним за своїм хімічним складом для утилізації безпосередньо на підприємствах чорної металургії. Разом з тим, висока вологість, схильність до агрегування при зменшенні вологості та інші характерні властивості шламів різних переділів істотно ускладнюють вирішення проблеми їх утилізації при спіканні агломерату.

Розглянемо деякі приклади вирішення проблеми утилізації залізовмісних металургійних шламів з використанням літературних даних.

На Челябінському металургійному комбінаті шлами доменного, мартенівського, конвертерного і електросталеплавильного виробництв з радіальних відстійників після згущення до 600 г/л надходять у вакуум-фільтри; згущені шлами з вологістю 36% надходять у сушильні барабани, а після сушіння з вологістю 10% подаються на агломераційну фабрику. Відзначається, що використання шламів як компонент агломераційної шихти ускладнюється нестабільністю їх хімічного і гранулометричного складу. Використання в агломераційної шихті таких тонкодисперсних матеріалів, як шлами сталеплавильного (насамперед - мартенівського) виробництва, призводить внаслідок незадовільного змішування і огрудкування до істотного погіршення газопроникності шару, що спікається, скорочення виходу придатного і зниження продуктивності агломераційної машини. Збільшується винос частинок розміром <10мкм, яких в шламах міститься до

30-40%, що значно знижує ефективність роботи ланцюга апаратів газоочисних установок [19].

Слід зазначити, що саме зазначені труднощі і є причиною пошуку більш ефективних технологічних рішень по утилізації шламів. Раніше виконаними дослідженнями [20] показано, що вплив на винос пилу з шару, що спікається, за допомогою конструктивних елементів агломашини в умовах спікання шихти, що містять тонкодисперсні компоненти, хоча й можливий, однак обмежений.

Дослідження, проведені в роботі [21] говорять про можливість успішного застосування в доменних печах агломератів, отриманих із шихт, що містять дрібнодисперсні шлами доменної газоочистки у кількості до 120-200 кг/т агломерату, що значно перевищує обсяги їх накопичення. При введенні в агломераційну шихту даного виду шламів відзначається поліпшення її комкуємості, знижується витрата коксика при спіканні. Відзначається, що збільшення частки аглодоменних шламів у шихті до 20%, як правило, не супроводжується погіршенням режиму спікання і якості агломерату [22].

У роботі [2] показано, що шлами доменного і сталеплавильного виробництв доцільно утилізувати при спіканні агломерату спільно, причому в деякому оптимальному співвідношенні, коли надлишок тонкодисперсних фракцій у сталеплавильних шламах перекриває їх нестачу в доменних.

На Карагандинському металургійному комбінаті впроваджена нова технологія утилізації залізовмісних шламів у агломераційному виробництві [19]. Раніше шлами агломераційних фабрик, підбункерних приміщень доменних печей, тракту шихтоподачі дробильно-сортувальної фабрики згущали і зневоднювали на стрічкових і дискових вакуум-фільтрах, а потім об'єднували і подавали в шихтове відділення агломераційної фабрики.

За новою технологією шлами після згущення з вмістом твердого 40-50% подають в розпиленому вигляді в первинні змішувачі агломераційної шихти замість технічної води. У результаті шлам більш рівномірно

розподіляється в об'ємі агломераційної шихти, а вся шихта зволожується до необхідного рівня при значному скороченні витрати технічної води.

Відзначимо, що дана технологія представляє істотний інтерес, хоча, з урахуванням технологічних параметрів зволоження аглошихти і темпів утворення шламів, навряд чи представляється можливим замкнути баланс шламів в умовах металургійного комбінату з його використанням (за даними для зарубіжних заводів, де використовується така технологія, наведеними у роботі [19], обсяги утилізації шламів обмежені 15 кг/т агломерату). Викликає також сумніви доцільність застосування цієї технології для утилізації вже накопичених шламів.

В умовах Орсько-Халіловського металургійного комбінату випробувана технологія отримання під обертової печі окускованого продукту, одержуваного з суміші доменного і мартенівського шламів. Залізовмісний шлам вологістю 30-70% подавали в піч за допомогою спеціальної форсунки, процес спікання регулювали зміною швидкості обертання печі, інтенсивності подачі шламу і теплового навантаження [19]. Питання економічного та екологічного характеру в даному випадку не проаналізовані.

У роботі [23] описана технологія спікання агломерату з використанням шламів розливних машин, які містять 15% окалини, 8% графіту і гашене вапно. Слід зазначити, що даний вид шламів є найбільш зручним для утилізації при спіканні агломерату, оскільки має відносно низьку вологість і може подаватися безпосередньо в змішувальний барабан, або попередньо змішувати коксик або возврат, а при подальшому огрудкування - з іншими компонентами аглошихти.

У ряді досліджень робиться акцент на видаленні цинку при утилізації шламів. Встановлено [19], що цинк в доменних шламах зосереджується в основному в найбільш тонкій фракції (близько 20 мкм), залізо порівняно рівномірно розподілено в усіх фракціях, а вуглець міститься в найбільш великих фракціях.

З урахуванням цього «Уралмеханобром» і Раса-НГП (Японія) розроблені технології поділу найбільш дрібнодисперсної пульпи в гідроциклонах-класифікаторах, що дозволяє вивести з обігу до 80% цинку [24].

Згідно японською технологією, описаною в роботі [19], згущений залізовмісний металургійний шлам направляється у вакуум-фільтри, потім у тарілчастий окомкувач для отримання мініокатишів (1-5 мм), які далі надходять на агломераційну машину. Злив гідроциклонів з вмістом твердої речовини 2% подають далі у відстійники, звідки через 3 год шлам з концентрацією твердих частинок 9% подається у фільтрпрес, а освітлена вода повертається в первинний відстійник.

Оскільки в згущеному продукті, а, отже, і в мініокатишах, міститься досить багато вуглецю, питому витрату коксу при агломерації вдається знизити до 2 кг/т агломерату, а кількість цинку, що надходить в доменну піч з агломератом, становить 0,2 кг/т чавуну.

Слід зауважити, що дана технологія представляє значний інтерес, проте для більшості металургійних підприємств України з урахуванням реальних інвестиційних можливостей у сучасних умовах вона може розглядатися тільки як один із перспективних варіантів.

Добавка вапна, у тому числі вапняного пилу з електрофільтрів випалювальних печей [25] до металургійних шламів застосовується на багатьох підприємствах. У роботі [26] зазначається, що обезводнення відбувається не тільки в результаті переходу вільної вологи в хімічно зв'язану при гідратації вапна, але і внаслідок випаровування вологи, обумовленого виділенням теплоти по реакції гідратації. Показано, що в разі підсушування залізовмісних шламів шляхом їх перемішування з аспіраційним вапняним пилом у шнекових змішувачах верхня межа допустимої вологості шламовапняної суміші може бути підвищена до 15-18%.

Слід зазначити, що даний підхід - управління властивостями шламів з використанням добавок - до вирішення проблеми утилізації залізовмісних

металургійних шламів надзвичайно привабливий, оскільки в даному випадку не потрібно додаткових капітальних витрат. Разом з тим, досвід застосування сухих добавок для підсушування і надання сипучості залізорудному концентрату показує, що відбувається розусереднення його складу у зв'язку з недосконалим, без вагового дозування, введенням таких добавок [27].

Досвід показує, що застосування вапна або вапняного пилу для управління властивостями вологих шламів зазвичай супроводжується нерівномірним розподілом флюсу в обсязі агломераційної шихти. Крім того, проведені дослідження [28] свідчать про низьку ефективність застосування даного методу для покращення сипучості шламів і необхідності пошуку більш ефективних добавок.

На металургійному заводі фірми "Хеш хюттенверке", Німеччина, проведені масштабні напівпромислові досліди по спіканню окомкованих конвертерних шламів на агломераційній машині. Встановлено, що важливою умовою успішного спікання сталеплавильного шламу є підготовка шихти і особливо досягнення оптимальної вологості (10-12%). Стабільність процесу досягалася при спіканні агломераційної шихти, яка складалася з 2/3 металургійного шламу, що містить дрібні фракції, і 1/3 шламу, що включає великі фракції. Питома витрата твердого палива на спікання незначна, тому що у зв'язку з високим вмістом металевого і двовалентного заліза у шламі спікання після запалювання суміші протікає за рахунок тепла, що виділяється в реакціях окислення. Отриманий шламовий агломерат в порядку експерименту застосували в якості охолоджувача в кисневих конвертерах [29].

На Череповецькому металургійному комбінаті також освоєна технологія виробництва сталеплавильного агломерату з конвертерних шламів, оскільки спроби використовувати такий шлам призвели до погіршення стану доменних печей. Агломерат має основність 2,6, спікається при витраті палива 6,7 кг/т агломерату і використовується в якості

окислювача в мартенівських печах і в якості охолоджувача в кисневих конверторах [30].

Слід зазначити, що сфера застосування такого агломерату вузько обмежена і не дозволяє повністю вирішити проблему утилізації шламів на металургійному підприємстві.

За даними роботи [19] на металургійному комбінаті "Катовіце", Польща зневоднення основної частини шламів здійснюється з використанням фізичного тепла гарячого возврату агломерату. Застосування шламів для охолодження возврату агломерату зменшує запиленість на ділянці транспортування і дозування цього компонента в аглошихту. Крім того, частину шламів використовують для зволоження агломераційної шихти. Спосіб введення шламів у аглошихту з возвратом і зволоження шихти шламами зменшує негативний вплив шламів на хід і показники процесу спікання. Найкращі показники агломерації отримують в тому випадку, коли шлами повністю або частково подають на гарячий возврат агломерату, охолоджують його до температури 90 °С, а потім разом з ним направляють в аглошихту, підігріваючи її.

Технологія виробництва безвипалювальних окатишів з шламовапняною сумішшю запропонована в роботах [31]. Після термохімічного зміцнення при 200 °С пароповітряної сумішшю, що містить 20-25% CO_2 окатиші зміцнюються до міцності на роздавлювання 1700-2100 Н/окатиш і, за твердженням авторів, можуть успішно використовуватися не тільки в конвертерному, але і в доменному виробництві.

У роботі [32] також запропоновано технологію виробництва безвипалювальних окатишів з тонкодисперсних залізовмісних металургійних шламів, згущених у відстійниках без глибокого зневоднення і змішаних з тонкоподрібненим негашеним вапном при утриманні твердого в пульпі конвертерних шламів на рівні 25-40%.

Слід зазначити, що технологічні властивості безвипалювальних окатишів стосовно до доменної плавки потребують додаткової експериментальної оцінки.

Для комплексної переробки некондиційного пилу і шламів металургійних переділів УкрДНТЦ «Енергосталь» розроблена і впроваджена в умовах Новолипецького металургійного комбінату нова технологія, передбачає отримання в обертовій печі металізованих окатишів для використання в сталеплавильному переділі і цинкового концентрату [33].

У цілому ряді робіт пропонується впровадження технологій утилізації металургійний шламів, що передбачають брикетування [5-7].

Економічний аналіз, виконаний у роботі [34] показав, що з урахуванням підготовки, транспортування, переробки та пресування брикетів витрати за статтею «сировина і основні матеріали» на 20-30% нижче, ніж при утилізації залізовмісних металургійних відходів при виробництві агломерату або окатишів, в той же час на 10-15% зростають витрати на переділ брикетування.

На наш погляд, хоча технології брикетування і мають цілком очевидну перспективу щодо утилізації металургійних шламів, однак, їх впровадження вимагає значних капітальних вкладень. Технології брикетування зазвичай пов'язані з необхідністю підсушування шламів [5] і термічної обробки брикетів [6], що вимагає енергетичних витрат. Технологія, запропонована в роботі [35], передбачає дрібнення брикетів з подальшим використанням кришива в агломерації. Викликає сумніви і довговічність дорогого обладнання для брикетування з урахуванням агресивності пресованих середовищ.

Такі технічні пропозиції щодо вирішення проблеми утилізації металургійних шламів, як, наприклад, циклона плавка або електротермічна переробка [7], а також плазмово-дуговий переплав [36], хоча і являють певний інтерес, однак, навряд чи цілком прийнятні не тільки з урахуванням

енергоємності запропонованих технологій, а й масштабності проблеми - на окремих заводах накопичено 2-5 млн. т шламів.

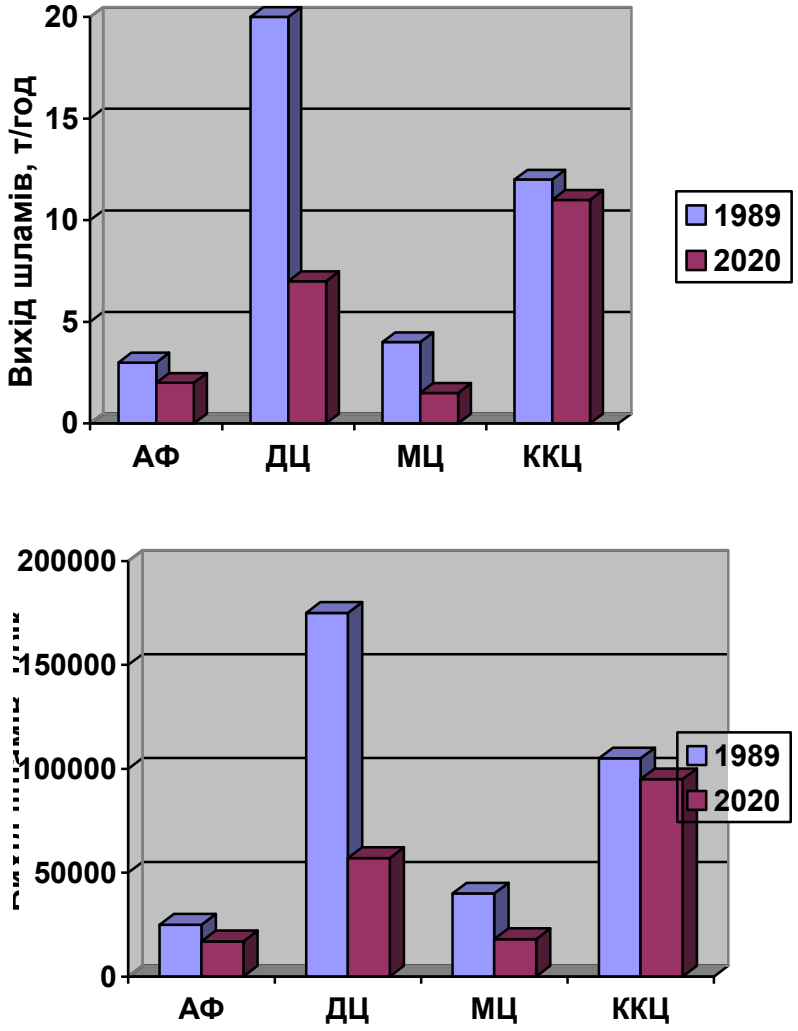
В умовах України основним методом утилізації металургійних шламів, що дозволяє вирішити настільки масштабне завдання без істотних капітальних вкладень, є використання їх як компонента агломераційної шихти. Виконаний в роботі [37] аналіз показав ресурсо-екологічну значимість рециклінгових можливостей агловиробництва, яка навіть не завжди може бути оцінена у вартісному вираженні.

1.1 Інтенсивність утворення та утилізації залізовмісних шламів

На ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг", як і на інших підприємствах з повним циклом, основними ділянками формування залізовмісних шламів є газоочисні споруди агломераційної фабрики, доменних і сталеплавильних цехів, а також гідрозмив підбункерних приміщень і розливних машин.

Річні та часові виходи шламів газоочисток різних виробництв комбінату за даними за 1989 (максимальний рівень виробництва продукції на комбінаті) і 2020 роки представлені на рис. 1.1.

З даних рис. 1.1 видно, що максимальна кількість залізовмісних шламів при очищенні технологічних газів утворюється в доменному виробництві. Слід зазначити, що тут показані тільки кількості шламів, що утворюються при очищенні технологічних газів, і не представлені кількості шламів, що більш складно обліковуються, аспіраційних систем, гідрозмиву підбункерних приміщень і шламів розливних машин.



АФ - аглофабрика; ДЦ - доменні цехи,

МЦ - мартенівський цех, ККЦ - киснево-конвертерний цех

Рисунок 1.1 – Масовий вихід залізовмісних шламів

газоочисток різних виробництв

У 1989 р. кількість шламів, що утворюються при мокрій очистці технологічних газів металургійних цехів, становила близько 336 тис. т на рік, а до 2020 року вона в результаті скорочення промислового виробництва на комбінаті зменшилася приблизно до 178 тис. т на рік. Крім цієї кількості накопичено близько 36 тис т шламів від гідрозмиву підбункерних приміщень, а також значний обсяг шламів від розливних машин і різних аспіраційних систем.

За даними за 2016 рік у агломераційному цеху комбінату перероблено 176,8 тис. т шламів і відправлено на Новокриворізький ГЗК 64,8 тис.т шламів. Середня вологість шламів становила 22,2%. Таким чином, всього утилізовано 241,6 тис. т або, в перерахунку на суху масу, - 188,0 тис. т. Середній вміст шламів у агломераційній шихті становило 84 кг/т агломерату. Дані темпи утилізації не тільки не дозволяють при існуючому обсязі виробництва замкнути баланс шламів, але і абсолютно недостатні, враховуючи обсяги вже накопичених шламів (понад 5 млн.т.).

Збільшення частки шламів у шихті понад 100 кг/т агломерату супроводжується зниженням ефективності технології агломерації у зв'язку зі збільшенням виходу пилу, зменшення частки придатного агломерату. Основна причина цього - низька сипучість шламів, які, не змішуючись з іншими компонентами агломераційної шихти, самостійно агрегують, формуючи в шарі, що спікається, «гнізда» які не проходять необхідних стадій агломерації і стають джерелом пилоподібної фракції.

Досвід роботи свідчить про те, що застосування вапна або вапняного пилу для обробки шламів вологістю 20-30% з метою їх підсушування та підвищення сипучості не дозволяє ефективно вирішити проблему. У разі застосування такої технології після змішування і огрудкування виявляється значна кількість грудок шламів «опудренних» вапном, які також практично не беруть участь у процесах спікання.

Залізовмісні металургійні шлами, як відомо, вельми обводнені: вміст води в них може досягати 90% і більше. Висока вологовмістність шламів обумовлена наявністю в їх складі тонкодисперсних твердих частинок і колоїднодисперсних золь-гелевих фаз, які мають підвищену гідрофільність і водоутримуючу здатністю. Ці властивості можуть бути обумовлені наявністю в шламах гідроксиду кальцію, бентоніту з пилу окатишів і інших дрібнодисперсних матеріалів. Дренуємість, тобто здатність виділяти вологу, наприклад, при зберіганні в штабелі, таких систем дуже незначна.

Процеси водовидалення, седиментації твердої фази в шламах при їх зберіганні протікають повільно, отже, система протягом тривалого часу зберігає початковий стан гранично обводненої дисперсії, і, крім того, за рахунок випадання атмосферних опадів сумарна кількість вологи в шламосховищах може зростати.

1.2 Властивості залізовмісних шламів різних металургійних виробництв

1.2.1 Шлами агломераційного виробництва

Кількість шламів, що утворилося при виробництві агломерату на аглофабриці комбінату, в 2020 році склало 9440 т при інтенсивності утворення близько 1,1 т/год і обсязі витрачання води зі шламами 300 $м^3$/год.

У агломераційному виробництві осадження найбільш великої фракції пилу, що утворюється при просмоктуванні повітря через шар шихти, що спікається, відбувається в пилових мішках газового колектора. Уловлювання тонких фракцій пилу в умовах комбінату «Криворіжсталь» здійснюється в батарейних циклонах, де вловлюється також пил аспіраційних відсмоктувачів від хвостової частини агломераційної машини. Шлами утворюються в результаті змиву пилу батарейних циклонів в приймальний лоток. Хімічний склад залізовмісних шламів вельми близький до хімічного складу агломераційної шихти і коливається в залежності від коливань складу та співвідношення компонентів шихти.

Зразковий склад шламів агломераційного виробництва представлений у табл. 1.1. Високий вміст заліза (49,25%) і наявність вуглецю (4,15%) свідчать про значну металургійну цінність даного виду відходів.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад шламів аглодоменного і сталеплавильного виробництв

Вид шламу	$Mn_{заг}$	SiO_2	CaO	MgO	FeO	S	$Fe_{заг}$	п.п.п.	C
Шлами агломераційного виробництва	0,48	8,33	8,87	0,95	14,85	0,44	49,25	9,9	4,15
Шлами доменних газоочисток	0,2	7,7	4,6	0,75	8,4	0,23	52,7	15,4	11,7
Шлами мартенівських газоочисток	0,71	1,48	1,06	1,95	2,6	0,06	63,7	2,15	0,89
Шлами конвертерних газоочисток	1,05	2,93	16,07	1,46	11,61	0,22	45,85	2,78	3,42
Шлами гідрозмиву підбункерних приміщень	1,5	8,0	20,0	2,0	-	0,3	41,0	-	14,7

За даними роботи [2] тверда складова шламів агломераційного виробництва в умовах Челябінського металургійного комбінату складається в основному з оксидів заліза, які представлені або непрозорими чорними частками магнетиту, кулястими за формою і мають зернисту поверхню, або округлими або довгастими частками гематиту, кальцит присутній у вигляді округлих гладких частинок, а залізокальцієві силікати - у вигляді округлих, неправильної форми часток склоподібної структури (від безбарвних до зелених), кварц зустрічається у вигляді прозорих округлих частинок. Аналогічний характер мінералогічного складу при подібних параметрах форми частинок виявлений в [38] і для умов «Криворіжсталь». Щільність вологих шламів агломераційного виробництва складає 3,6-4,0 т/м^3.

Гранулометричний склад шламів агломераційного виробництва представлений на рис. 1.2.

Як видно, вони представляють собою полідисперсний матеріал, в якому переважають відносно великі частки: частка частинок більше 100 мкм складає 47,9%, причому частка частинок більше 50 мкм - 78,2%.

Очевидно, можна погодитися з висновком роботи [2] про те, що в процесі підготовки агломераційної шихти утворюються, головним чином, крупнодисперсний пил, а тонкодисперсні частинки, що утворюються в результаті термічного впливу при спіканні, в значній мірі уловлюються шихтою і тільки після того, як процес спікання досягає нижніх шарів, починають виноситися дрібні порошинки.

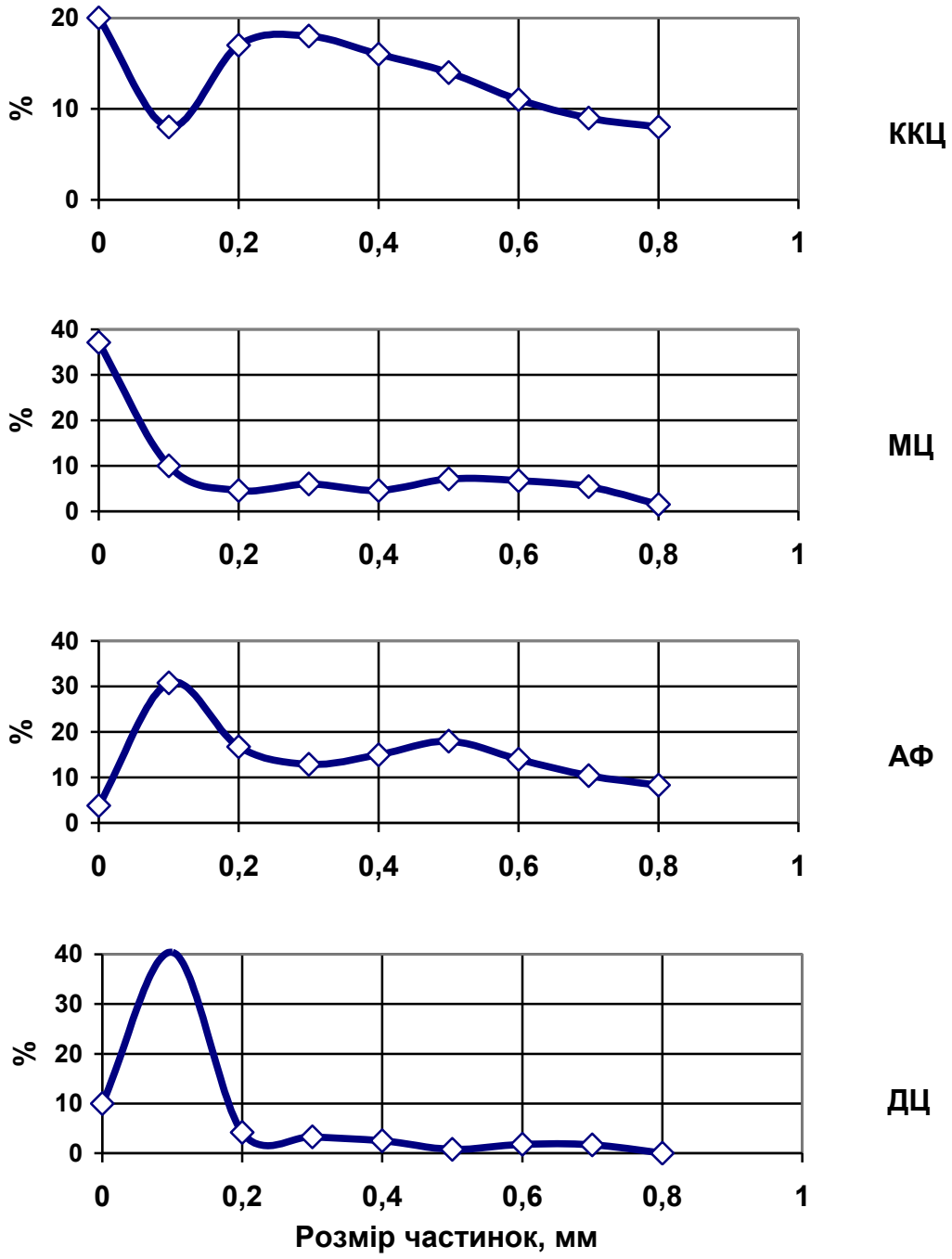
Шлами агломераційного виробництва на ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" направляються в акумулюючи ємності або ставок-освітлювач № 2 (див. схему, представлену на рис. 1.3) і доправляють у них. Кількість залізовмісних шламів, накопичених в акумулюючих ємностях, складає в даний час орієнтовно 5 млн т.

1.2.2 Шлами доменного виробництва

У доменному виробництві основна частка залізовмісних шламів припадає на апарати мокрого газоочищення. У 2019 році їх кількість склала 57786 т при інтенсивності утворення 6,6 т/год і витраті води зі шламами близько 8000 $м^3$/год. Крім того, шлами утворюються при гідрозмиві підбункерних приміщень і на розливних машинах.

Усереднений склад шламів газоочистки представлений у табл. 1.1.

Як видно ці шлами також становлять значний інтерес для утилізації. Втім, слід враховувати, що в умовах «Криворіжсталі" ці шлами містять значну кількість лугів [4].



ДЦ - доменний цех; АФ - агломераційна фабрика;

МЦ - мартенівський цех; ККЦ - киснево-конвертерний цех

Рисунок 1.2 – Гранулометричний склад залізовмісних шламів різних металургійних виробництв

Щільність даних шламів знаходиться в межах 2,7-3,8 т/м^3. гранулометричний склад шламів представлений на рис. 1.2. Шлами доменної газоочистки більш дисперсні, в порівнянні з агломераційними, вміст у них частинок більше 30 мкм становить усього 15,3%. Однак і вміст часток дрібніше 10 мкм - 9,5%. Основну частину - 75,2% - становлять частки в діапазоні крупності 10-30 мкм. При існуючій схемі газоочистки більші частки (більше 50-80 мкм) в основному уловлюються в сухому пиловловлювачі і не надходять до складу шламів. У той же час уловлювання частинок крупністю менше 10 мкм в існуючих апаратах мокрої газоочистки неефективно, оскільки в трубах Вентурі, а тим більше в скрубері вони не мають кінетичної енергії достатньої для їх мокрої коагуляції.

За даними роботи [2] мінералогічний склад залізовмісної частини шламів доменної газоочистки представлений в основному гематитом, а також магнетитом, феритом кальцію і піритом. Дослідження, проведені в роботі [39], показують, що шлами доменної газоочистки різних металургійних комбінатів України мають питому поверхню 125-135 м^2/кг і, в порівнянні з більш дисперсними сталеплавильними шламами, не настільки схильні до самостійного агрегування і відносно легко зневоднюються.

Вміст вуглецю в шламах (див. табл. 1.1.) нижче, ніж його вміст в доменній шихті. Це можна пояснити більш високою міцністю коксу в порівнянні з залізорудними матеріалами і меншим вмістом в ньому дрібних фракцій.

Шлами гідрозмиву підбункерних приміщень утворюються при їх гідравлічному прибирання, а також в апаратах мокрої газоочистки аспіраційних установок. За хімічним (табл. 1.1.), а також гранулометричним складом вони близькі до шламу агломераційної фабрики - очевидно, основним джерелом їх утворення є дріб'язок агломерату. Щільність шламів коливається в діапазоні 1,5-5,5 т/м^3.

Точний облік кількості шламів гідрозмиву утруднений, оскільки їх утворення, як і видалення, відбувається нерегулярно. Орієнтовний вихід цих

шламів у доменному цеху № 1 «Криворіжсталі» складає близько 36 тис. т на рік. Згущення шламів гідрозмиву підбункерних приміщень в умовах комбінату проводиться в горизонтальних відстійниках. Осад з відстійників вивантажують грейферними кранами і колісним транспортом вивозять на рудний двір агломераційної фабрики.

1.2.3 Шлами газоочистки мартенівського виробництва

У мартенівському виробництві ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" утворення залізовмісних шламів відбувається в процесі мокрого очищення технологічних газів в скрубері, трубах Вентурі, циклоні та краплевловлювачі. У 2020 р в мартенівському виробництві було отримано 5101 т шламів при інтенсивності їх утворення 1,72 т/год і витраті води зі шламами 400 $м^3$/год.

Як видно з даних, представлених у табл. 1.1, мартенівські шлами найбільш багаті залізом, за вмістом якого вони іноді не поступаються залізорудним концентратам. Як відомо, ці шлами відносяться до числа найбільш дисперсних в металургійному виробництві, що при використанні їх у аглошихту призводить до утворення коагуляційних структур, що негативно впливає на процес спікання.

За даними роботи [40] мартенівські шлами металургійного комбінату "Запоріжсталь" ще більш дисперсні - 90% часток не перевищує 5 мкм, однак автори не виключають можливості руйнування великих частинок при підготовці проб до аналізу. У роботі [3] проводилося дослідження дисперсного складу частинок сухого пилу після котла-утилізатора та встановлено, що пил являє собою частинки діаметром 0,01-1 мкм, які з'єднані в конгломерати і ланцюжки із середнім медіанним розміром 0, 3-0, 6 мкм .

Очевидно, в процесі мокрого очищення технологічних газів мартенівського виробництва процес агрегування частинок пилу протікає настільки активно, що аналіз не завжди дозволяє відрізнити конгломерат від

окремої частки, з чим також можуть бути пов'язані розбіжності в оцінці гранулометричного складу пилу різними дослідниками.

Згідно з даними роботи [2] мартенівський пил складається в основному з магнетиту, вюстіту і гематиту, в невеликій кількості містить силікати.

Щільність вологих шламів мартенівського виробництва досягає 4,5-5,0 т/м^3.

1.2.4 Шлами газоочистки конвертерного виробництва

В умовах конвертерного виробництва на ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" залізовмісні шлами утворюються в результаті мокрого очищення газів, що відходять в скрубері і далі в блоці труб Вентурі. Як видно з даних, представлених у табл. 1.1, конвертерні шлами досить багаті залізом, хоча і поступаються за цим показником мартенівським. У 2020 році вихід конвертерних шламів склав 95655 т при інтенсивності утворення 10,9 т/год і витраті води зі шламами 1280м^3/год.

Літературні дані про гранулометричний склад частинок конвертерного пилу досить різноманітні, що пояснюється різним характером пилоутворення в залежності від застосовуваної технології продувки конвертера, характеристик дуттьових фурм, марок сталі, що виплавляється, питомого виходу шлаку, особливостей використовуваних шихтових матеріалів та ін.

Отримані в ході досліджень дані дозволяють зробити висновок про те, що залізовмісні конвертерні шлами не настільки дрібнодисперсні як мартенівські шлами (див. рис. 1.2), в них досить високий вміст як крупних частинок (38% часток має розмір більше 200 мкм), так і дисперсної складової (35% часток - дрібніше 50 мкм).

Полідисперсний характер частинок пилу конвертерних шламів пояснюється в роботі [2] наявністю в ній як продуктів термічного диспергування поверхневої плівки металу в зоні контакту його з киснем, так і більш крупного пилу сипучих матеріалів, що подаються в конвертер.

За даними роботи [2] найбільш тонкодисперсний пил утворюється на останніх 2-3 хв плавки в результаті випаровування металу і FeO в зоні контакту з киснем і подальшої конденсації цих парів у газовому тракті.

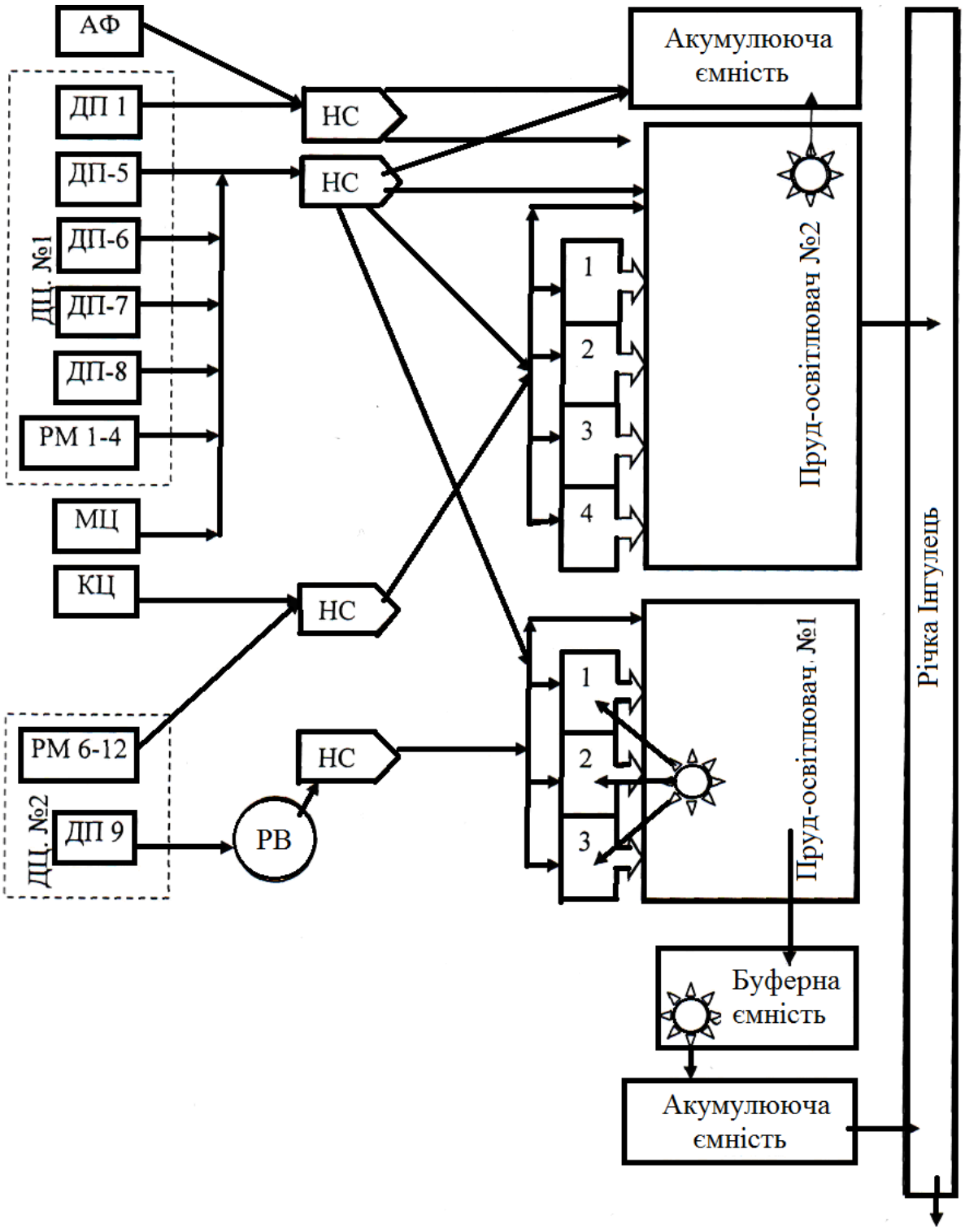
Щільність вологих шламів конвертерного виробництва знаходиться в межах 3,5-5,0 т/м^3.

За даними роботи [41] питома поверхня шламів газоочистки киснево-конвертерного цеху ПАТ "Єнакіївський металургійний завод" становить 150-160 м^2/кг, тобто не менше ніж на 20% вище, порівняно з доменними.

Конвертерні шлами, так само як і шлами мартенівського виробництва, володіють в'яжучими властивостями і хорошим огрудкуванням, однак вони також досить схильні до самостійного агрегування. Можливо, це пов'язано з високим вмістом у них оксиду кальцію (див. табл. 1.1), який у водному середовищі утворює гідроксид кальцію, що володіє високою колоїдною та в'яжучою властивостю, що перешкоджає їх ефективному усередненню з іншими компонентами агломераційної шихти і призводить до утворення в агломераційній шихті великих конгломератів, що негативно впливають на процес спікання агломерату.

1.3 Аналіз існуючої схеми складування і утилізації шламів

Існуюча схема потоків залізовмісних металургійних шламів і стічних вод на ПАТ "АрселорМіттал Кривий Ріг" представлена на рис. 1.3.



(НС - насосні станції, РВ - радіальний відстійник,

АФ - аглофабрика, ДЦ - доменні цехи,

ДП - доменна піч, МЦ - мартенівський цех, КЦ - конвертерний цех)

Рисунок 1.3 – Схема складування шламів на комбінаті «Криворіжсталь»

Як видно з представленої на рис. 1.3 схеми, залізовмісні шлами разом зі стічними водами газоочисток доменних та сталеплавильних цехів, пісками радіальних згущувачів ДП № 9, а також шламами розливних машин (а також ряду не представлених на схемі джерел) подаються на карти ставків освітлювачів № 1 і № 2. Сумарний об'єм карт складає 1149 тис. $м^3$ за їх місткості 1805 тис т.

Виняток становлять шлами агломераційної фабрики та газоочищення ДП № 1, які подаються безпосередньо до акумулюючої ємності.

Карти або, інакше кажучи, шламонакопичувачі, являють собою штучне водоймище, обмежене дамбами. Стічні води, що надходять на карту, рухаються від однієї її сторони до іншої. При цьому відбувається осадження твердої фази. Після припинення подачі шламів на карту відбувається зневоднення осаду за рахунок дренажу води через систему труб у ставки освітлювачі. У ставки-освітлювачі подають також воду від продування системи оборотного водопостачання, стоки від прямого використання води, а також атмосферні опади з території комбінату.

Освітлені води подаються в систему оборотного водопостачання. Тільки у виняткових випадках (паводок, зливи і т. п.) При надлишку води в ставку-освітлювачі № 2 можливе скидання її в природну водойму (р. Інгулець). Надлишок води з ставка-освітлювача № 1 надходить у буферну ємність.

Очищення ставків-освітлювачів і буферної ємності здійснюється плавучими земснарядами. Зі ставка-освітлювача № 2 шлами земснарядом подаються в акумулюючі ємності.

Зі ставка-освітлювача № 1 шлами земснарядом подаються на карти-шламонакопичувачі. З буферної ємності ставка ставка-освітлювача № 1 шлами земснарядом подаються в акумулюючі ємності.

Аналіз не дозволяє визнати існуючу систему потоків шламів на комбінаті цілком раціональною. Перш за все, слід відзначити, що багаті за вмістом заліза і володіють найбільш сприятливими фізико-хімічними

властивостями і гранулометричним складом для утилізації в агломераційному переділі шлами аглофабрики і ДП № 1 не утилізуються і доправляють у акумулюючої ємності в кількості близько 25 тис т на рік по сухій масі.

Таким чином, представлений аналіз дозволяє зробити наступні висновки:

1. Найбільш перспективним напрямком утилізації залізовмісних шламів є застосування їх в якості компонента аглошихти.

2. Найбільш поширені в промисловості технології зневоднення до вологості, прийнятної для подальшої утилізації шламів при спіканні агломерату, пов'язані з необхідністю згущення і наступної фільтрації. Ці технології реалізуються в металоємному обладнанні і є вельми енергоємними. Крім того, навіть за умови використання реагентів, що підвищують ефективність згущення, вони не забезпечують зневоднення до вологості 7-8%, оптимальної для агломерації.

3. Більш глибоке зневоднення вимагає застосування термічного сушіння, наприклад в барабанних сушарках, що пов'язано з додатковими капітальними та енергетичними витратами і необхідністю вирішення питань попередження екологічного збитку.

4. Такі рішення, як використання шламової води для зволоження агломераційної шихти, виробництво шламового агломерату для конвертерного виробництва, отримання безвипалювальних окатишів із шламу, плазмова та електродугова плавка не дозволяють у повному обсязі вирішити проблему утилізації шламів.

5. Застосування технологій брикетування при утилізації шламів пов'язане з істотними капітальними та експлуатаційними витратами, не виключає необхідності глибокого зневоднення шламів.

6. Управління властивостями шламів з використанням добавок є одним з перспективних підходів до вирішення проблеми утилізації залізовмісних металургійних шламів і не пов'язане з капітальними витратами.

7. Способи переведення вологи шламів в зв'язану форму шляхом змішування їх з сухими компонентами (сухим пилом газоочистки, негашеним вапном і іншими матеріалами) супроводжуються значним пиловидаленням в навколишнє середовище, в них не вирішені проблеми ефективного введення сухих компонентів.

8. Актуальним є пошук нових добавок, що забезпечують ефективне управління властивостями залізовмісних металургійних шламів з метою їх застосування як компонента агломераційної шихти.

9. Дослідження стану проблеми утилізації шламів, виконане для умов «Криворіжсталь», свідчить про те, що залізовмісні шлами різних металургійних виробництв є цінним ресурсом, що характеризується досить високим вмістом вуглецю, а також оксидів заліза, марганцю і кальцію.

10. Існуючі обсяги утилізації шламів незадовільні з урахуванням темпів їх утворення та масштабів накопичення.

11. Шлами різних виробничих ділянок комбінату істотно розрізняються хімічним складом і фізико-хімічними властивостями, від яких залежить ефективність їхньої утилізації.

12. Існуюча схема складування шламів не раціональна і не забезпечує можливості утилізації найбільш цінних металургійних шламів у повному обсязі.

2 МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Агломерація це процес окускування дрібних руд, концентратів, колошникового пилу спіканням в результаті спалювання палива в шарі матеріалу, що спікається. Вона полягає в тому, що дрібні зерна шихти нагріваються до температури, при якій відбувається їхнє розм'якшення та часткове плавлення. При цьому зерна злипаються, подальше швидке охолодження призводить до їхньої кристалізації та утворення пористого, але досить міцного шматкового продукту, придатного для металургійного переділу.

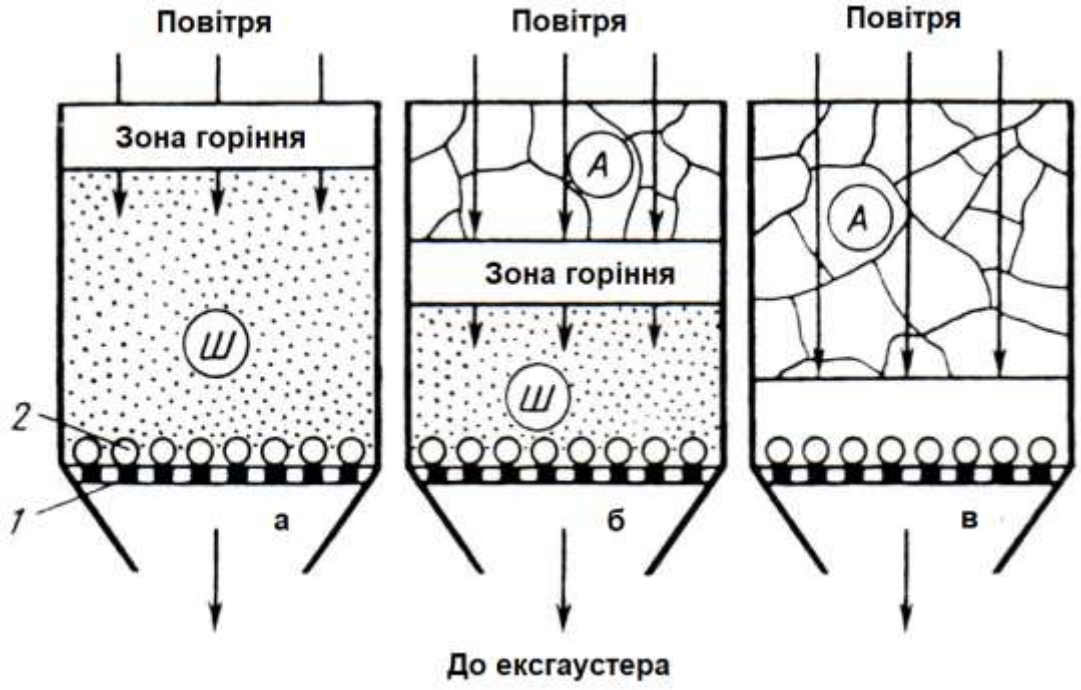
Агломераційна шихта для доменної плавки включає: залізорудний концентрат або дрібну залізну руду (великістю 8-0 мм); повернення - дрібний некондиційний агломерат від попереднього спікання (великістю 10-0 мм); дрібний (великістю 3-0 мм) коксик, що застосовується як тверде паливо; флюси (великістю 3–0 мм) – вапняк, що вводиться для отримання офлюсованого агломерату; утилізовані відходи, наприклад, колошниковий пил, прокатна окалина, шлами сталеплавильних виробництв.

Компоненти агломераційної шихти перемішують, зволожують і завантажують на решітку колосника шаром 200-400 мм. За допомогою ексгаустера (вентилятора, що працює на відсмоктування) під колосниковими гратами підтримується розрідження до 20 кПа, завдяки якому через шар просмоктується повітря.

Схема агломераційного процесу представлена рисунку 2.1. На колосникові грати 1 конвеєрної стрічки завантажують «ліжко» 2 заввишки 30-35 мм, що складається з повернення. Потім завантажують шихту.

Щоб процес розпочався, спеціальним запальним пристроєм виробляється «запалювання агломераційної шихти», тобто. розігрів її верхнього шару до 1200-1300 ºС, коли паливо в шихті запалюється. Горіння підтримується внаслідок просмоктування атмосферного повітря. Зона горіння висотою близько 20 мм поступово просувається зверху вниз (до

колосників) зі швидкістю 20-30 мм/хв, залишаючи за собою «пиріг» готового огломерату, що охолоджується.



а – початок процесу; б – кінцевий момент

Рисунок 2.1 – Схема агломераційного процесу

Виробництво агломерату ведуть на агломераційних фабриках, до складу яких входить комплекс обладнання для підготовки шихти, стрічкові (конвеєрні) машини та комплекс обладнання для дроблення та охолодження агломерату та відсіву дрібниці.

Агломераційна машина (рисунок 2.2) має як основний елемент замкнуту стрічку (конвеєр) з окремих спікальних візків – палетт 2. Візки рухаються по напрямних рейках під впливом пари приводних зірочок 1. Під візками робочої гілки стрічки6 в яких за допомогою ексгаустера 9 створюють розрідження. Ширина стрічки становить 2-4 м, швидкість її руху 2-7 м/хв, довжина стрічки до 150 м, площа просмоктування до 600 м2, продуктивність 2-3 млн. т/рік.

На рухому стрічку живильником 3 укладають ліжко з повернення агломерату, вона запобігає просипанню шихти через щілини решітки і оберігає від перегріву. Потім живильником 4 завантажують шихту, яка

потрапляє потім під запальний горн 5. камери 6 надходять у пиловловлювач 8 і далі викидаються в атмосферу через димову трубу 10.

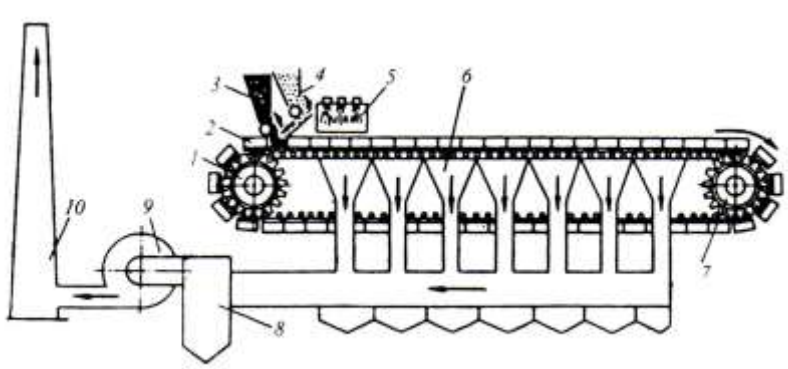


Рисунок 2.1 – Схема агломераційної машини

Готовий агломерат при огинанні стрічки холостої зірочки 7 зсипається вниз і потрапляє у валкову дробарку гарячого дроблення, а потім на гуркіти, де від подрібненого продукту відсівають гаряче повернення. Потім агломерат надходить на охолоджувач, де охолоджується до 100ºС повітрям, що просасається, і відправляється на гуркіти холодного агломерату, де відокремлюється постіль. Після цього придатний агломерат конвеєром транспортують у доменний цех, а дріб'язок у бункер повернення. Вихід придатного агломерату (фракції більшою за 5 мм) з шихти не перевищує 70-80%.

3 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗОВМІСНИХ ШЛАМІВ ПРИ СПІКАННЯ АГЛОМЕРАТУ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТОРФУ

3.1 Аналітична оцінка властивостей торфу, як вологоємного матеріалу

Вище відзначені недоліки методів управління властивостями залізовмісних металургійних шламів шляхом добавки до них сипучих матеріалів, таких, як вапно, вапняний пил випалювальних машин та ін.

У ході виконання роботи розглянута технологічна можливість і економічна доцільність використання при підготовці шламів до спікання з застосуванням як вологоємним дисперсного середовища торфу активованого. Як зазначалося, завданням такої підготовки є збільшення сипучості шламів з метою більш ефективного змішування їх з іншими компонентами агломераційної шихти.

У даному розділі роботи розглянуто фізико-хімічні закономірності поглинання торфом вологи безпосередньо з водного середовища, досліджено особливості вологопереносу в процесі контактування торфу з вологими дисперсними матеріалами, а також проаналізовані можливості поліпшення технологічних властивостей торфу шляхом його активації.

Для оцінки потенційної здатності торфу поглинати вологу слід більш детально зупинитися на аналізі відомих даних, які характеризують будову та склад торф'яного матеріалу. Особливий інтерес представляє вивчення особливостей вологи, що акумулюється торфом.

Відома схема розділення води торфу на категорії, згідно з якою в торфі слід розрізняти хімічно, фізично і осмотично зв'язану воду, а також вільну воду, що заповнює пори різних розмірів.

Особливий інтерес у світлі завдань цього дослідження представляє оцінка здатності торфу поглинати вологу. Розглянемо спочатку особливості поглинання торфом вологи безпосередньо з водного середовища.

Виділяють такі три ефекти механізму водопоглинення торфу:

поглинання вологи рослинними залишками - дисперсіями високополімера целюлозної природи;

вбирання вологи продуктами розпаду - гуміновими речовинами та їх солями;

заповнення водою осередків перового простору структур переплетення і мікрооб'ємів надмолекулярних утворень продуктів розпаду, а також компонентів вуглеводного комплексу.

Стосовно до використання торфу як вологоємної добавки при вивченні механізму водопоглинення найбільший практичний інтерес представляє кінетика процесу, а також максимальну кількість поглиненої рідини - так зване граничне водопоглинення. У цитованому дослідженні граничне водопоглинення визначалося після того, як за останню добу спостереження не відбувалося зміни об'єму зразка. Зазвичай досліди закінчувалися через 3-5 діб.

Таким чином, на підставі поданого аналізу можна зробити висновок, що водопоглинення торфу проходить у дві стадії, що відрізняються за інтенсивністю та кількістю поглиненої вологи.

Основну кількість води (70-90%) торф вбирає на першій стадії. Перша стадія закінчується через 10 хв., а друга триває протягом 2-5 діб.

Слід зазначити, що, згідно з літературними даними, фактичні межі водопоглинення для низинного торфу складають 73-283%, причому в більшості випадків має місце водопоглинення 210-280%. Оскільки повітряно-сухий торф зазвичай має вологість близько 30-50%, можна зробити висновок про те, що він має досить значним потенціалом для капілярного всмоктування вологи залізовмісних металургійних шламів. Крім того, цей процес повинен йти дуже інтенсивно за умови, якщо він не стримується зовнішніми чинниками (зокрема, дифузією вологи в шарі шламу).

Закономірності поглинання торфом вологи з дисперсних середовищ, зокрема з вологих металургійних шламів, істотно відрізняються від

водопоглинення безпосередньо з водного середовища, описаного вище. У даному випадку виникає додаткова стадія процесу вологообміну - дифузійний перенос усередині дисперсного середовища шламу. Звідси випливає, що кінетика процесу водопоглинення буде додатково залежати від особливостей умов контакту шламу і торфу наприклад, змішування в барабані, взаємодія шарів матеріалів в штабелі і т. д., вологості шламу і закономірностей дифузії вологи у шламі.

В умовах чинного агломераційного виробництва найбільш реальним, з точки зору практичної реалізації, є змішування торфу з шламами в штабелях, хоча в принципі, можуть бути реалізовані і технології, що забезпечують і більш ефективні режими взаємодії матеріалів.

У цьому випадку можна виділити наступні дві стадії процесу водопоглинення:

1) поглинання торфом вологи з шламів у процесі складування при шаровому укладанні даних матеріалів в штабель;

2) водопоглинення після вертикального розбирання штабеля в процесі змішування, транспортування, перевантаження, зважування, дозування матеріалів.

Очевидно, що найважливішою стадією у даній технології є взаємодія матеріалів безпосередньо в штабелі, оскільки ефективний перерозподіл вологи між шламом і торфом сприятиме більш якісному їх змішування після розбирання штабеля - як між собою, так і з іншими компонентами агломераційної шихти.

Можна припустити, що процес розподілу вологи між торфом і шламом в шарах штабеля залежить не тільки від властивостей матеріалів, але і від товщини шарів кожного з компонентів, а також від витягання верхніх шарів. Очевидно, не можна виключати такий чинник, як віджимання вологи з матеріалу, особливо істотного для нижніх шарів штабеля.

Слід зазначити, що точний кількісний розрахунок параметрів процесів вологопереносу між торфом і металургійним шламом представляє дуже

складно реалізовану завдання зважаючи на значну змінність практично всіх параметрів складу та властивостей обох матеріалів, відсутність надійних математичних моделей для даного рішення і складних умов взаємодії компонентів. До того ж, з огляду на реальні можливості управління технологічним процесом підготовки шихти на агломераційної фабриці, практична доцільність більш детального дослідження кінетики і термодинаміки капілярного всмоктування торфом вологи шламів у штабелі або в деякому змішувальному агрегаті представляється вельми сумнівною.

Метою представленого аналізу є розкриття фізичної сутності досліджуваного явища, визначення умов, що забезпечують протікання процесу вологопереносу в заданому напрямку, і розробка технологічних рекомендацій з організації процесів підготовки шламів на аглофабриці.

Експериментальні дані представлені в табл. 2.1, показують, що торф має найбільшу вологоємність серед представлених матеріалів.

Таблиця 3.1 - Середні питомі ізотермічні масоємності деяких вологих матеріалів

Матеріал	t, ^{0}C	Θ, ^{0}М	*w*, %	c_m, кг/кг^{0}М
Кварцовий пісок	25	100-300	0,8-2,0	0,007
	25	300-500	20-7,5	0,025
	25	550-700	7,5-18,0	0,090
Низинний торф	21-100	100-300	110-250	1,20
	21-100	300-700	250-500	0,50
Червона глина	21-45	100-400	21-30	0,028

У цілому, представлений вище аналіз дозволяє зробити висновок про те, що торф, володіючи надзвичайно високими параметрами вологоємності, є прекрасним матеріалом, який може використовуватися для обробки залізовмісних металургійних шламів з метою їх зневоднення та подальшого використання як компонент агломераційної шихти.

3.2 Дослідження можливості керування властивостями агломераційних шихт, що не містять шламів

Хімічний склад і фізико-хімічні властивості торфу активованого представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 - Склад і властивості торфу активованого

Зольність, %	Горюча маса, %	Елементарний склад, %				Хімічний склад золи, %				Пористість, %	Насипана маса, т/м^3	Кут природного укосу, град	Температура початку загоряння, ^{0}С	Водопоглинання, %	Питома теплота згоряння, кДж/кг
		C	H	S	O_2	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3						
16,0	70,0	57,8	5,8	0,3	33,4	74	0,71	5,3	0,79	50-60	0,51	43,0	380-450	228-431	21800-23500

З метою експериментальної перевірки технологічної доцільності спікання агломерату з використанням торфу активованого в якості інтенсифікатора процесу огрудкування шихти і часткової заміни твердого палива були проведені лабораторні випробування, в яких до складу агломераційної шихти вводився торф активований.

Хімічний склад використаних шихтових матеріалів і твердого палива представлений в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 - Хімічний склад шихтових матеріалів

№	Компонент	Хімічний склад						Волога, %
		Fe	FeO	CaO	MgO	SiO_2	п.п.п.	
1	Концентрат	63,4	25,8	0,84	0,49	9,1	1,0	10,1
2	Аглоруда	51,5	1,1	1,28	0,84	16,4	2,76	5,2
3	Вапняк (суміш звичайного та доломітизованого вапняків)			60,21	5,41	1,93	42,27	1,5
4	Тверде паливо (суміш кокосового дріб'язку і антрацитового штибу)	3,1		0,5	0,2	7,2	83,0	15,0

Компонентні склади базової і трьох дослідних агломераційних шихт, що використовувалися в проведених експериментах, представлені нижче в табл. 3.4. Загальна маса шихтової суміші у всіх дослідах становила 65кг.

Таблиця 3.4 - Склади досліджених шихт (%)

№	Компонент	Варіант шихти			
		Базова	Дослідна 1	Дослідна 2	Дослідна 3
1	Концентрат	49,0	48,9	48,8	48,9
2	Аглоруда	7,6	7,5	7,5	7,5
3	Вапняк	14,3	14,3	14,3	14,3
4	Возврат	24,7	24,6	24,6	24,6
5	Тверде паливо	4,5	4,0	3,8	3,6
6	Торф активований	0,0	0,6	1,0	1,2
7	Доля торфу активованого по відношенню до маси твердого палива, %	-	12,7	22,0	24,4

У табл. 3.5 представлено порівняльний аналіз властивостей коксової дрібниці і торфу активованого.

Таблиця 3.5 - Порівняльний аналіз властивостей коксового дріб’язку і торфу активованого

Показники	Кокосовий дріб’язок	Торф активований
Горюча маса, %	82,7	70,0
Елементарний склад, %		
C	80,0	57,8
H	-	5,8
O	-	33,4
N	-	2,5
S	1,2	0,3
Вміст летких, %	1,5	42,0
Вміст золи, %	15,0	16,0
Температура плавлення золи, ^{0}C	1300	1250
Температура початку загоряння, ^{0}C	700	400
Питома теплота горіння, кДж/кг	27281,93	23301,43

З даних, представлених в табл. 3.5, можна припустити, що добавка в шихту торфу, який, хоча і володіє низькою питомою теплотою горіння, разом з тим, відрізняється низькою температурою плавлення золи, повинна кілька покращувати перебіг процесів рідинофазного спікання. Крім того, можна припустити, що високий вміст летких речовин в торфі має активізувати процес запалювання і горіння твердого палива в шарі.

Першим етапом виконаних випробувань було визначення впливу добавки торфу активованого на гранулометричний склад огрудкованої агломераційної шихти. Виробляли огрудкування матеріалів в змішувальному барабані і їх розсіювання із застосуванням стандартних методів випробувань.

З отриманих даних видно, що добавка торфу активованого сприяє поліпшенню гранулометричного складу звичайній агломераційної шихти. Найкращі результати досягаються при утриманні торфу в агломераційній шихті рівному 0,6 і 1,0%. Зокрема, в 1,1-1,5 рази знижується вміст фракції - 3 мм в агломераційної шихті і, відповідно зростає частка фракцій у діапазоні 3-12 мм.

Подальше збільшення вмісту торфу в агломераційній шихті, очевидно, дещо знижує міцність гранул, які виникають, оскільки, як видно з представлених даних, при утриманні торфу в шихті рівному 1,2% спостерігається зростання вмісту фракції -3 мм до рівня базової шихти.

Таким чином, аналіз результатів експериментальних досліджень проведених для шихт, що не містять шламів, дозволяє зробити висновок про технологічну доцільності введення в агломераційну шихту торфу активованого як добавки при виробництві агломерату, що поліпшує процес огрудкування шихт, інтенсифікують процес агломерації і є частковим замінником більш дорогих видів твердого палива.

З урахуванням відомих перспектив виробництва окускованної залізорудної металургійної сировини, пов'язаних із збільшенням частки концентрату в шихті, дана технологія може становити інтерес не тільки при спіканні шихт, що містять металургійні шлами. Добавка торфу активованого може застосовується також як один із засобів підвищення техніко-

економічної ефективності спікання агломерату зі звичайних шихт, які в сучасних умовах утримують до 70-80% дрібнодисперсної складової.

3.3 Експериментальне дослідження можливості управління властивостями шламовмісних шихт шляхом використання торфу

Метою дослідження була оцінка впливу попередньої обробки залізовмісних шламів активованим торфом на показники процесу спікання агломерату та експериментальне обґрунтування технологічних параметрів пропонованої технології утилізації металургійних шламів.

Для реалізації поставленого завдання були складені агломераційні шихти, представлені в табл. 3.6-3.9, які містили в різній пропорції доменні та сталеплавильні шлами, попередньо підготовлені шляхом змішування з торфом в заданій пропорції.

Таблиця 3.6 - Склади агломераційних шихт (%) (I серія - оцінка впливу частки торфу в шихті при утилізації аглодоменних шламів)

Найменування компонентів	Варіанти шихти				
	1	2	3	4	5
Концентрат	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
Аглоруда	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Вапняк	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Возврат	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Коксик	4,5	4,17	3,83	3,5	3,17
Шлам аглодоменний	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Торф активований	*0,0*	*0,50*	*1,0*	*1,5*	*2,0*

Таблиця 3.7 - Склади агломераційних шихт (%) (II серія - оцінка впливу частки аглодоменних шламів при постійній витраті торфу)

Найменування компонентів	Варіанти шихти				
	1	2	3	4	5
Концентрат	41,5	39,5	37,5	35,5	33,5
Аглоруда	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Вапняк	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Возврат	22,5	22,5	22,5	22,5	22,5
Коксик	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Шлам аглодоменний	*9,0*	*11,0*	*13,0*	*15,0*	*17,0*
Торф активований	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Таблиця 3.8 - Склади агломераційних шихт (%) (III серія - оцінка впливу частки торфу в шихті при утилізації сталеплавильних шламів)

Найменування компонентів	Варіанти шихти				
	1	2	3	4	5
Концентрат	41,5	41,5	41,5	41,5	41,5
Аглоруда	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
Вапняк	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Возврат	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
Коксик	4,5	4,17	3,83	3,5	3,17
Шлам сталеплавильний	9,0	9,0	9,0	9,0	9,0
Торф активований	*0,0*	*0,50*	*1,0*	1,5	*2,0*

Таблиця 3.9 - Склади агломераційних шихт (%) (IV серія - контрольна, виконана на агломераційній чаші ємністю 60 кг)

Найменування компонентів	Варіанти шихти		
	1	2	3
Концентрат	41,5	37,5	37,0
Аглоруда	12,0	12,0	12,0
Вапняк	10,0	10,0	10,0
Возврат	22,5	22,5	22,5
Коксик	3,5	3,5	3,5
Шлам аглодоменний	9,0	13,0	13,0
Торф активований	1,5	1,50	2,0

Склади всіх використаних в експериментах шихтових матеріалів, включаючи шлами, і твердого палива представлені, відповідно, в табл. 3.10 і табл. 3.11.

Таблиця 3.10 - Хімічний склад залізовмісних шламів аглодоменного і сталеплавильного виробництв

Вид шламів	Вміст компонентів, %							
	SiO_2	CaO	MgO	FeO	S	Fe	п.п.п.	C
Шлами аглодоменного виробництва	8,92	10,0	0,95	14,85	0,44	51,2	10,09	6,15
Шлами конверторних газоочисток	4,0	16,9	1,46	11,61	0,22	38,1	2,78	3,42
Концентрат залізорудний	8,4	0,2	0,30	27	0,03	65,3	-	-
Вапняк	2,0	50,0	0,70	0,70	0,30		42,37	
Возврат	8,52	12,3	4,24	10,70	Н.д.	53,0	-	-

Таблиця 3.11 – Хімічні склади торфу активованого та коксика

Паливо	Зольність, %	Елементарний склад, %				Хімічний склад золи, %				
		C	H	S	O_2	CaO	MgO	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3
Торф активований	16,0	57,8	5,8	0,3	33,4	72,2	0,71	3,0	7,5	6,5
Коксик	11,2	97,3	0,6	1,8	0,3	2,6	1,16	48,1	21,4	22,8

Представлені на рис. 3.1 результати оцінки зміни перепаду тиску в шарі по ходу експерименту при спіканні агломерату з шихти, що містять 9,0% аглодоменного шламу без добавок торфу активованого (серія I дослід № 1) і з добавкою 1,5% торфу (серія I дослід № 3), свідчать про помітне зниження газодинамічного опору шару при спіканні аглошихти, що містить металургійні шлами, попередньо оброблені торфом активованим.

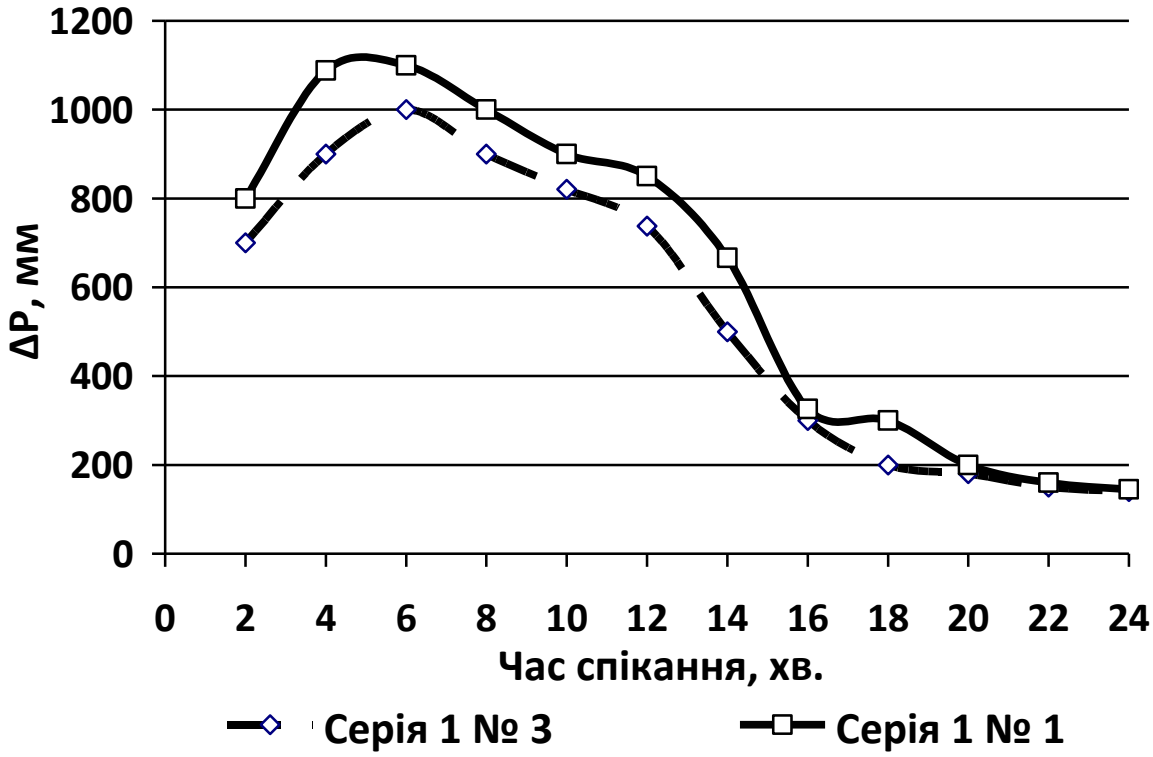


Рисунок 3.1 – Зміна перепаду тиску в шарі,
що спікається (позначення - у тексті)

Даний висновок повністю підтверджується результатами, отриманими в ході проведеного в роботі дослідження гранулометричного складу

експериментальних агломераційних шихт. На рис. 3.2 представлені результати експериментальної оцінки впливу добавок торфу активованого до шламу, отримані в умовах утилізації різних видів металургійних шламів у кількості 9% від маси шихти, на гранулометричний склад агломераційної шихти.

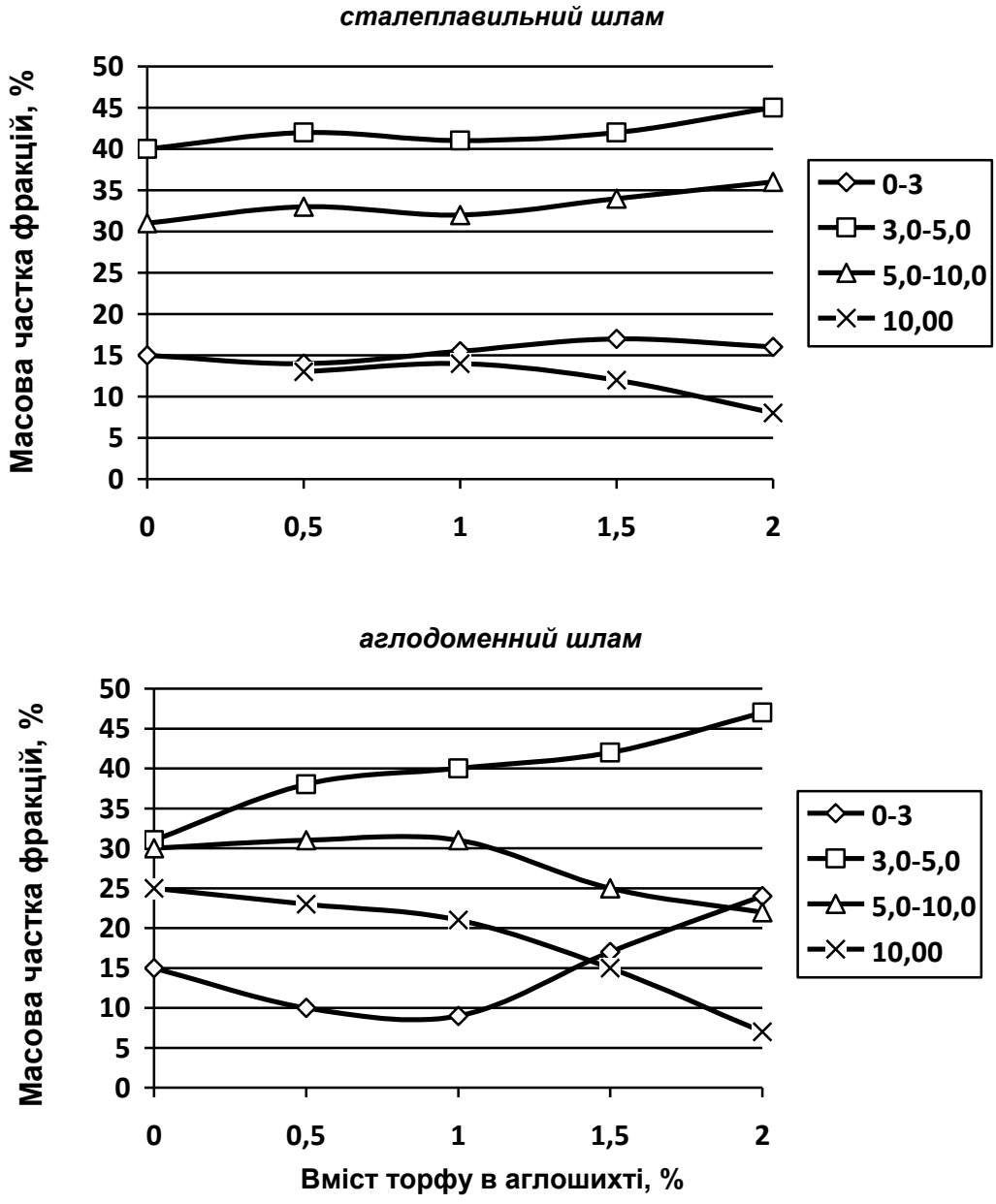


Рисунок 3.2 – Вплив добавок торфу активованого в умовах утилізації різних видів шламів у кількості 9% від маси шихти на гранулометричний склад агломераційної шихти

Слід підкреслити, що у всіх проведених у роботі дослідженнях торф вводився в експериментальну аглошихту не як самостійний компонент, а тільки як добавки до різних шламів з метою підвищення їх сипучості і збільшення ефективності подальшого змішування з іншими компонентами агломераційної шихти.

Найбільш важливою закономірністю зміни гранулометричного складу агломераційної шихти в результаті підготовки шламів із застосуванням торфу активованого, що випливає з представлених на рис. 3.2 даних, є істотне збільшення вмісту фракції 3-5 мм при помітному зниженні вмісту фракції + 10 мм.

Слід зазначити, що висновок про оптимальні інтервали вмісту торфу в аглошихті, що містить аглодоменні шлами, цілком узгоджується з представленими вище результатами експериментів, виконаних для агломераційних шихт, що не містять шламів.

Втім, результати оцінки зміни виходу придатного при збільшенні частки шламів у шихті, представлені на рис. 3.3, показують, що вихід придатного зростає в усьому діапазоні збільшення частки торфу в шихті, - як для доменних, так і для сталеплавильних шламів, - не дивлячись на деяке погіршення гранулометричного складу агломераційної шихти при вмісті в ній торфу понад 1,5% у разі шихти , містить агломераційні шлами.

Таким чином, можна зробити висновок про те, що результати виконаного експериментального дослідження свідчать про технологічні можливості ефективного управління властивостями агломераційної шихти і параметрами процесу спікання агломерату шляхом попереднього змішування аглодоменного і сталеплавильних залізовмісних шламів з торфом активованим.

Подальші дослідження в ході виконання роботи були спрямовані на розробку, дослідно-промислову перевірку та відпрацювання раціональних технологічних режимів спікання агломерату з шихти, що містить металургійні шлами.

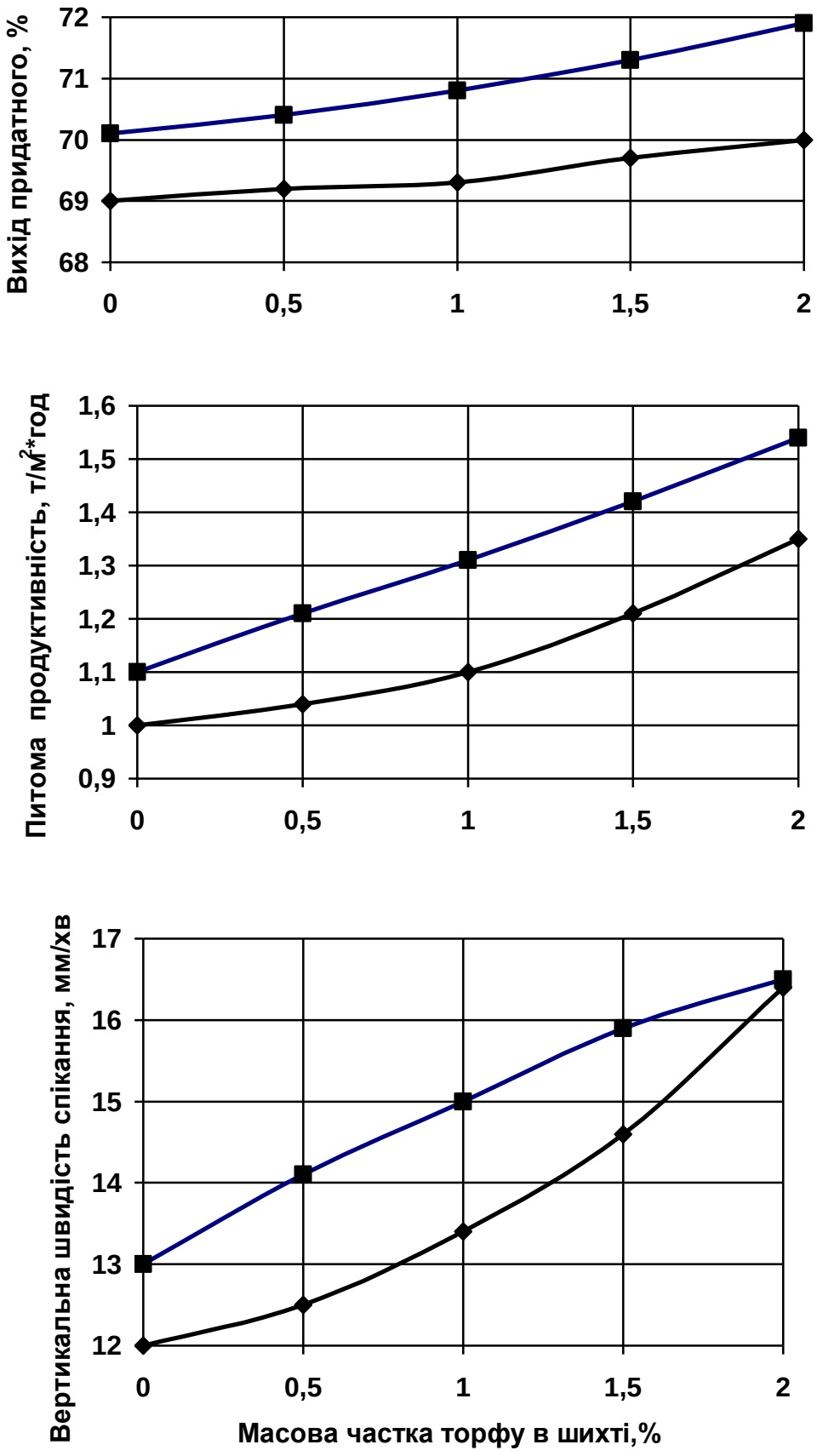


Рисунок 3.3 – Вплив добавок торфу активованого до аглошихти на параметри процесу спікання в умовах утилізації в шихті аглодоменних (■) та сталеплавильних (◆) шламів у кількості 9%

3.4 Дослідно-промислові випробування технології спікання агломерату з шихти, що містить металургійні шлами, із застосуванням торфу

Позитивні результати представлених експериментів із застосуванням торфу для поліпшення комкуємості та інтенсифікації спікання шихти, що не містять шламів, а також результати досліджень можливості управління властивостями шламовмісних агломераційних шихт, стали основою для нової серії експериментів по поліпшенню технології виробництва агломерату з шихти, що містить шлами різних металургійних виробництв. Хімічний склад і властивості компонентів представлені в табл. 3.12.

Таблиця 3.12 - Характеристики досліджених залізовмісних шламів і вапняного пилу

Матеріал	Насипна маса, т/м^3	Вологість, %	Хімічний склад, %					
			Fe	CaO	SiO_2	$A1_2O_3$	MgO	C
Сталеплавильний шлам	1,95	23,1	40,0	10,7	9,9	2,2	1,8	5,0
Аглодоменний шлам	1,90	28,6	47,4	10,0	8,6	2,1	2,5	10,0
Вапняковий пил	1,25	-		70,2	-	0,92	1,5	0,6

Були досліджені різні варіанти змішування в штабелях сталеплавильних та доменних шламів з вапняним пилом і торфом активованим. Вапняний пил, сталеплавильні та аглодоменні залізовмісні шлами були відібрані на ділянці перевантаження шламів «Криворіжсталь».

Компоненти аглосуміші штабелів № 1-4 закладалися в наступному порядку:

в базових штабелях:	в дослідних штабелях:
вапняний пил	вапняний пил
залізовмісні шлами	залізовмісні шлами
	торф активований

Крім того, в штабель № 5 вапняний пил не закладався, що дозволило оцінити властивості аглосуміші при підготовці шламів до утилізації при повній заміні даного компонента торфом активованим.

З урахуванням даних аналізу було визнано доцільним витримувати матеріали у штабелі не більше доби. Всі п'ять штабелів витримувалися 24 години, після чого проводилося змішування матеріалів кожного штабеля, аналогічне умов змішування при розбиранні рудного штабеля рудногрейферним краном.

Склад та властивості одержаних в результаті витримки в штабелях і подальшого змішування компонентів агломераційних сумішей представлені в табл. 3.13.

Таблиця 3.13 - Характеристики отриманої агломераційної суміші

№ штабеля	Насипна маса, т/м^3	Кут природного укосу, град	Хімічний склад, %					
			Fe	CaO	SiO_2	Al_2O_3	MgO	Волога
1	1,47	48,8	36,0	16,3	9,0	2,05	1,8	20,6
2	1,32	44,2	42,7	16,3	7,83	1,97	2,4	23,8
3	1,02	38,2	30,0	15,36	7,91	1,70	1,5	24,8
4	1,00	37,1	35,6	14,86	6,64	1,67	2,1	24,3
5	1,13	39,4	33,2	10,39	8,33	1,85	1,5	25,7

Візуальна оцінка, проведена в ході дослідження, показала, що при підготовці залізовмісних шламів за базовою технологією, що передбачає використання сухого вапняного пилу, для всіх видів шламів після розбирання штабеля отримували грудки шламу, опудрені вапняним пилом. Природно про ефективне використання такого матеріалу при спіканні агломерату не може бути й мови.

У той же час використання торфу активованого для підготовки залізовмісних шламів забезпечувало істотне поліпшення властивостей одержуваної агломераційної суміші. Дані розсіву, наведені в табл. 3.14, а також суттєве зменшення кутів природного укосу, спостережуване для всіх

дослідних штабелів свідчать про поліпшення гранулометричного складу і більш високу сипучість одержуваної агломераційної суміші. Наблизилася до оптимальних параметрів і насипна вага суміші, яка склала 1,02 - 1,13 т/м^2 (при насипній вазі вихідних шламів - 1,9-1,95 т/м^3).

Таблиця 3.14 - Фракційний склад агломераційної суміші (масова частка, %)

№ штабеля	Фракція, мм			
	0-3,0	3,0-5,0	5,0-10,0	>10,0
1	65,1	5,5	6,2	23,2
2	64,0	5,6	7,4	23,0
3	60,3	8,8	9,3	21,6
4	60,1	3,9	9,6	21,4
5	61,0	8,3	8,8	21,9

Слід також підкреслити, що застосування торфу активованого робить можливим використовувати залізовмісні шлами з вологістю до 30%, що створює передумови для істотного зниження енерговитрат і капітальних вкладень, пов'язаних з зневодненням шламів.

Аналіз отриманих результатів експериментів дозволяє зробити наступні висновки.

По-перше, підготовка шламів із застосуванням традиційної технології, що передбачає змішування з вапняним пилом, дає найгірші результати: як для сталеплавильних, так і для аглодоменних шламів аглосуміш, отримана в штабелях № 1 і № 3, має незадовільну сипкість.

По-друге, як і слід було очікувати, найкращий результат, - як за фізичними властивостями, так і за гранулометричним складом, отриманий для суміші з участю менш дисперсного і не настільки схильного до самостійного агрегування аглодоменного шламу з вапняним пилом і торфом (штабель № 4) .

По-третє, порівняння результатів випробувань для штабелів № 3 та № 5 показує, що повна відмова від використання вапняного пилу при обробці сталеплавильних шламів тільки торфом активованим супроводжується вельми незначним погіршенням їх сипучості (очевидно, в даному випадку підсушуючий ефект від дії вапняного пилу посилює дію шламів).

У цілому, результати проведених випробувань переконливо свідчать на користь застосування торфу активованого в якості вологоємної добавки при підготовці шламів до спікання - в тому числі і з відмовою від застосування вапняного пилу, використання якого в реальних умовах агломераційного виробництва неминуче супроводжується пиловими викидами.

Висновки

1. Поглинання торфом вологи - це складний фізико-хімічний процес, який включає дві стадії, що відрізняються за інтенсивністю та кількістю поглиненої вологи. Основна кількість води (70-90%) торф вбирає на першій стадії. Перша стадія закінчується через 10 хв, а друга триває протягом 2-5 діб.

2. Закономірності поглинання торфом вологи з металургійних шламів істотно відрізняються від водопоглинення з водного середовища. У даному випадку виникає додаткова стадія процесу вологообміну - дифузійний перенос усередині дисперсного середовища шламу.

3. Аналіз фізико-хімічних закономірностей поглинання торфом вологи свідчить про його високу вологоємності і перспективність використання даного матеріалу в якості добавки при підготовці шламів до використання в якості компонента агломераційної шихти.

4. Активація торфу шляхом обробки реагентами, що забезпечують інтенсифікацію процесів розкладання і збільшення вмісту гумінових речовин, що володіють поверхнево-активними властивостями, дозволяє істотно поліпшити його технологічні властивості.

5. Дослідно-промисловими випробуваннями показано, що застосування торфу активованого для підготовки шихт, що не містять шламів, забезпечує поліпшення їх комкуємості, підвищення газопроникності шару, що спікається, і інтенсифікує процес спікання агломерату.

6. Результати лабораторних і дослідно-промислових випробувань свідчать про те, що підготовка сталеплавильних і аглодоменних шламів з використанням торфу активованого, спільно з вапняним пилом і без його застосування, забезпечує суттєве покращення сипучості і оптимізує гранулометричний склад суміші.

7. Використання торфу активованого для підготовки залізовмісних металургійних шламів до використання в якості компонента агломераційної шихти дозволяє підвищити продуктивність агломашини, скоротити витрату вапна і твердого палива, створює передумови для збільшення частки шламів у шихті, розширює межі допустимої вологості шламів.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Аналіз потенційно шкідливих і небезпечних чинників в лабораторії ЦЗЛ (переробки вторинних відходів)

Експериментальні дослідження утилізації залізовмісних шламів проводилися у виробничому приміщенні (лабораторії ЦЗЛ). Основними потенційно небезпечними і шкідливими факторами при проведенні відповідного дослідження є:

- Шкідливі викиди газів;
- Теплонадлишки;
- Небезпека ураження електричним струмом.

Окис вуглецю або чадний газ відноситься до шкідливих для організму речовин (отруйних). За своєю фізіологічною дією на організм людини він є хімічно задушливою токсичною речовиною. Цей газ знижує вміст кисню у вдихуваному повітрі, пов'язуючи його хімічно.

Для забезпечення необхідного за санітарними нормами якості повітряного середовища необхідна постійна зміна повітря в приміщенні. Потрібно постійно видаляти «відпрацьоване» (забруднене) повітря і передбачати надходження чистого зовнішнього повітря, тобто здійснювати повітрообмін. Видалення з приміщення забрудненого повітря здійснюється витяжною вентиляцією (витяжкою).

На постійних робочих місцях лабораторії переробки вторинних відходів категорія фізичної роботи визначається як середньої важкості (II б), тому що енерговитрати працівника знаходяться в межах 233-290 Вт.

Аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів та карта умов праці в лабораторії представлені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оцінка факторів виробничого трудового процесу в лабораторії

№	Чинники виробничого середовища і трудового процесу	Норма-тивне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі і небезпечні умови			Тривалість дії чинників за зміну %
				I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1	Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3						
	3-4 клас небезпеки:						
	- Сірчистий ангідрит	10	до 20	2	-	-	60
	- CO (оксид вуглецю)	20	до 32,0	-	-	1,5	60
	- Кокс (пил)	6	до 8,5	1,2	-	-	60
	- NO_2	2	до 1,2	-	-	-	55
2	Пил, мг/м^3	4,0	8	-	-	2	60
3	Вібрація (загальна і локальна), дБ	92	60	-	5	-	20
4	Шум, дБА	80	55	-	-	-	90
5	Мікроклімат в приміщенні:						
	- температура повітря, ºС	20	18	-	2	-	94
	- швидкість руху повітря, м/с	0,45	0,8	-	-	-	94
	- відносна вологість, %	75	55	-	-	-	92
6	Важкість праці						
	Динамічна робота:						
	- потужність зовнішньої праці, Вт	90	230	-	-	-	85
	Статистична робота:						
	- величина навантаження за зміну, кг·с	130000	52414	-	-	-	85
7	Робоча поза:						
	- знаходження в нахиленому стані більше 30º 25 % робочого часу	25	12	-	-	-	50
	- переміщення, км/зміну	10	1,5	-	-	-	60

Коксовий пил взагалі має загально-токсичну і дратівну дію, викликає запалювальні хвороби легень, порушення функцій печінки, зниження шлункової секреції, зміни в крові і серцево-судинній системі, діє пил також на очі.

Оксид вуглецю має гостро направлену дію на організм людини. Він витискує кисень із крові, при цьому його вміст в повітрі легень може знижуватись з 18-20 до 8 %, що припиняє віддачу кисню трахеям легень. Ці шкідливі речовини при невірній організації виробництва і недотриманні певних профілактичних заходів можуть надавати шкідливий вплив на здоров'я; призводити до гострих хронічних отруєнь і професійних захворювань працівників. Тому потрібна вентиляція приміщення (лабораторії).

Надлишок тепла викликає у працівника підвищене потовиділення, що призводить до збіднення тканин рідиною і солями, а також крові з порушенням серцево-судинної та нервової діяльності

Наявність на ділянці лабораторії електроустаткування та металевих споруд потребує захисту працюючих від дії електроструму при пошкодженні електрики. Приміщення відноситься до категорії з підвищеної безпеки.

Недостатність освітленості приміщення лабораторії є слідством того, що приміщення забруднюється пилом. Фактична освітленість ділянки не відповідає нормованій, що може призвести до підвищення травматизму на виробництві.

4.2 Розробка заходів захисту від впливу небезпечних і шкідливих чинників виробничого середовища лабораторії ЦЗЛ

Для запобігання шкідливого впливу пиловидних матеріалів всі агрегати виконуються закритими. У місцях же їх відкритого пересипання встановлюються місцеві витяжки, включення яких проводиться під час проведення робіт, пов'язаних з великим виносом газу і пилу в навколишній простір.

Реактори виконуються герметичними для виключення можливості потрапляння чадного газу в повітря. Для запобігання підсосу повітря в робочу зону реактора в ньому підтримується тиск, що перевищує атмосферний на 2-4 кПа, величина перепаду підтримується автоматикою, і в разі його зменшення подача газу в реактор негайно припиняється, також описані заходи вживаються у разі спрацювання спеціальних чутливих до кисню сенсорів .

Для запобігання травмування персоналу за допомогою впливу електричного струму все обладнання має бути підключений до заземлення.

Дуже важливе значення для безпеки праці має також знання правил техніки безпеки, для чого проводяться відповідні заходи, такі як:

- Вступний інструктаж;

- Первинний інструктаж на робочому місці;

- Позаплановий інструктаж при зміні технологічного процесу або правил з охорони праці.

Кожен співробітник зобов'язаний знати порядок екстреної евакуації, а також правила користування індивідуальними засобами захисту та засобами пожежогасіння.

Під час роботи кожен співробітник повинен носити на собі спецодяг і каску. Весь працюючий в цеху персонал повинен бути забезпечений протигазами типу ФУ-1 зі спеціальними насадками, які утримують окис вуглецю (маркування насадки - «СІ»).

Персонал, що виробляє обслуговування та ремонт електрообладнання, повинен використовувати спеціальні захисні гумові рукавички, а також користуватися інструментом з ізольованими ручками.

На стінах передбачається розміщення плакатів, наочно зображують основні вимоги техніки безпеки.

4.3 Заходи з електробезпеки

На рівень електротравматизму впливають недоліки в конструкції і монтажу устаткування, недоліки в експлуатації, незадовільна організація робочих місць, недостатній інструктаж і т.д.

Проходячи через організм, електричний струм чинить термічну, електролітичну і біологічну дії.

Навіть при розвиненій системі захисних заходів не слід вважати, що вони створюють умови абсолютної безпеки. У всіх випадках настійно необхідно високоякісне виконання електричних установок і періодичний контроль їх, підтримання якісного стану ізоляції, висока дисципліна персоналу і дотримання правил безпеки.

Пристрій і експлуатація електротехнічних установок повинні відповідати обов'язковим для всіх підприємств Правилам пристрою електротехнічних установок (ПУЕ) та правилами технічної експлуатації та безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств. Основними заходами захисту від поразки в лабораторії ЦЗЛ струмом є: забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, для випадкового дотику; електричне розділення мережі; усунення небезпеки ураження при появі напруги на різних частинах електрообладнання, що досягається застосуванням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, занулением, захисним відключенням та ін; застосування спеціальних електрозахисних засобів - переносних приладів і пристроїв;. організація безпечної експлуатації електроустановок.

4.4 Заходи пожежної безпеки

Лабораторія знаходиться в будівлі ЦЗЛ, яка за характеристикою возгораемости відноситься до приміщень в яких утворюються гарячі речовини і матеріали в холодному стані 2-го ступеня вогнестійкості. Стіни, перекриття, покриття підлог виконані з негорючих матеріалів (залізобетон, керамічна плитка і т.д.).

У лабораторії присутні матеріали в гарячому, розпеченому і розплавленому стані. Процес їх обробки супроводжується виділенням променевої енергії, теплоти, іскор та полум'я.

Все це створює небезпеку виникнення пожеж.

Виробничий процес у лабораторії по вибухо-пожежебезпеці згідно СНиП 2.09.02-85 відноситься до категорії “Г”, а будівельні конструкції - згідно СНиП 2.01.02 –85 по вогнестійкості відносяться до II ступеня.

Причинами пожеж і вибухів можуть з’явитися:

- несправності електроустаткування,

- порушення правил пожежебезпеки персоналом,

- наявність пилу вуглецю більш ГДК та ін.

Для усунення причин виникнення пожеж передбачається:

- своєчасне усунення несправностей устаткування,

- для обмеження поширення вогню використовують неспаленні матеріали (асбест, спеціальна вата),

- застосування первинних засобів гасіння: пінні вогнегасники ОХП-10, вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, УП-1М, УП-2М, шафа із піском 0,5 куб.м та лопатами.

Крім того передбачається доступне розміщення первинних засобів пожежогасіння, розрахунок яких приведений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок первинних засобів гасіння

Найменування приміщення, устаткування	Одиниця виміру	Пінні вогнегасники ОХП-10	Вуглекислотні вогнегасники типу… (шт)			Шафа із піском 0,5 куб.м та лопатами (шт)	Примітка А· n 2 х 2 м
			ОУ-2	ОУ-5 ОУ-8	УП-1М УП-2М		
Приміщення лабораторії (90 кв.м)	На 1 прим.-я (100кв.м)	1	-	-	-	1	Або азбестове полотно 2х2 м
Вент. установки технологічного призначення (4 вент. уст. в приміщенні)	На 4 вент. установки	1	1	-	-	1	При менш 4-х норма не знижується
Щит контрольно-вимірювальної апаратури (1 щит в лабораторії)	На 1 щит або прим.-я	-	2	-	-	-	-

Категорія приміщення лабораторії ЦЗЛ - В1 - вибухонебезпечне, тому стіни виконуються з великою площею скління, покриття - з легких матеріалів (не більше 120кг/м^2), вікна і двері повинні відкриватися назовні, а ширина проходів між обладнанням повинна бути не менше 1м.

Для зниження ймовірності виникнення вибуху в разі аварії все електрообладнання повинно мати групу Н - обладнання підвищеної надійності проти вибуху, в якому передбачені заходи, що утрудняють виникнення небезпечних іскор, електричної дуги, нагрівання.

4.5 Технічні рішення виробничої санітарії

4.5.1 Розрахунок освітлення приміщення лабораторії

Для приміщення лабораторії, яка має розміри: L=5 м; B= 2,5 м; H= 3,5 м, виконуємо розрахунок штучного освітлення за формулою:

$$Ф= (E·R·S·Z) : (N·Z) \quad (4.1)$$

де: Ф – світовий потік, лм

N – кількість ліхтарів у приміщенні; N=2;

R – коефіцієнт запасу; R=1,8;

Z – коефіцієнт мінімальної освітленості; для ртутних ламп Z = 1,15;

S – площа освітлювального приміщення, м^2;

$$S = L·B = 5·2,5 = 12,5 \text{ м}^2 \quad (4.2)$$

E – нормована освітленість; E=200 лк, характеристика зорової роботи – малої точності, найменший розмір об'єкта розпізнання – 1—5 мм, розряд зорової роботи – V.

Для робот у затемненому приміщенні лабораторії використовуємо для джерел світла лампи накалювання типу ДРЛ (ртутні, дугові лампи високого тиску) із косинусною кривою світлорозповсюдження (Д) типу СД, що дає більш рівну розповсюдженість світлового потоку у приміщенні по висоті.

Висота обслуговування обладнання понад рівнем полу – h_p=1,0 м.

Розрахуємо висоту підвісу ліхтарів:

$$h= h_n- h_p=3,5 – 1,0=2,5 \text{ м}; \quad (4.3)$$

де h_n – висота приміщення.

Згідно табличних даних:

$\lambda_э$= L/h = 5/2,5 = 2,0 – коефіцієнт відношення відстані між лампами до висоти їх підвісу і дорівнює 2,5.

Таким чином, відстань між лампами дорівнює

$L_л = h \cdot \lambda_э$ = 2,5 ·2 = 5 м; приймаємо на приміщення довжиною 5 м дві лампи.

Розрахуємо індекс приміщення по його параметрам I:

$$I = (L \cdot B) : (h (L+B)), \quad (4.4)$$

де L – 5 м – довжина приміщення;

B – 2,5 м – ширина приміщення;

h – 2,5 м – висота підвісу ліхтарів.

Тоді

$$I = (5 \cdot 2,5) : (2,5 (5+2,5)) = 0,66 \quad \text{приймаємо i} = 0,7$$

Для приміщення лабораторії приймаємо коефіцієнти відображення світла від поверхонь стелі $\rho_п = 0$, стін $\rho_с = 0$ і підлоги $\rho_п = 0$.

Також знайдемо, що для ліхтарів типу СД2ДРЛ при $\rho_п = 0$, $\rho_с = 0$, $\rho_п = 0$

при i = 0,7 коефіцієнт використання світлового потоку: η = 31%, що в долі одиниці - η = 0,31.

Таким чином потрібний світловий потік:

$$Ф = (200 \cdot 1,8 \cdot 12,5 \cdot 1,15) : (2 \cdot 0,31) = 8347 \text{ лм.} \quad (4.5)$$

Цьому потрібному світловому потоку відповідають $n_л$ = 2-і стандартні лампи типу ДРЛ 125, потужністю $p_л$ = 125 Вт (напругою на 115 В) зі світловим потоком 2 х 4800 = 9600 лм.

Відхилення світлового потоку від потрібного дорівнює:

$$\Delta = ((9600 - 8347) : 8347) \cdot 100\% = + 15{,}01\%, \quad (4.6)$$

Це допустимо по нормі (- 10%... + 20%) [47].

Потрібна потужність освітлювального устаткування дорівнює: $P = N \cdot p_л \cdot n_л$, Вт, а саме:

$$P = 2 \cdot 125 \cdot 2 = 500 \text{ Вт}. \quad (4.7)$$

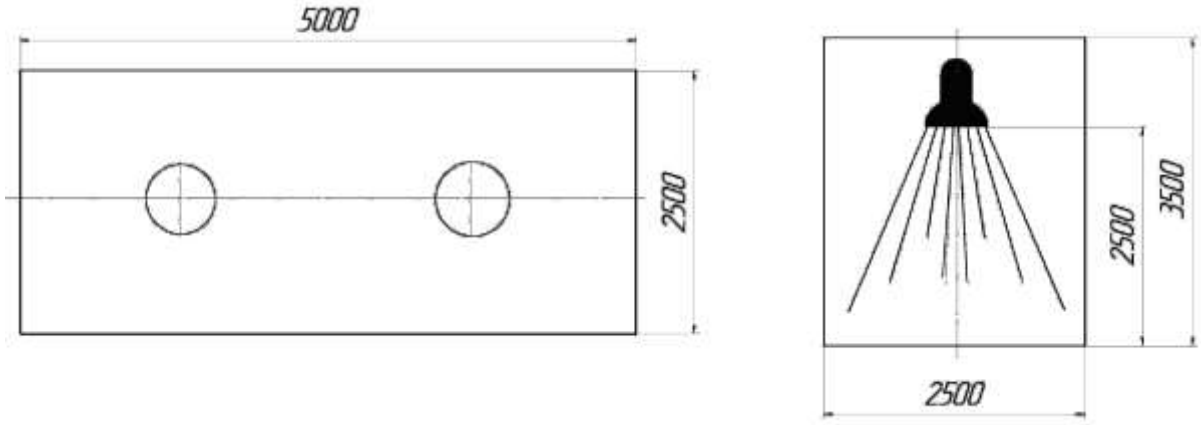


Рисунок 4.1 – Схема освітлення лабораторії

4.5.2 Опалення та вентиляція

Видалення з приміщення лабораторії забрудненого повітря здійснюється витяжною вентиляцією (витяжкою). При видаленні шкідливостей безпосередньо біля місця їх виділення досягається найбільший ефект дії вентиляції, так як при цьому не відбувається забруднення великих обсягів повітря і можна видалити малими обсягами повітря виділяються шкідливості. Такий спосіб вентилювання носить назву місцевої витяжної вентиляції.

Уловлювання шкідливостей в місці їх утворення проводиться за допомогою так званих місцевих відсмоктувачів. Вони попереджають поширення шкідливих по приміщенню, і, тим самим ефект дії вентиляції досягається при мінімальному повітрообміні і мінімальних капітальних

витратах. Застосування місцевих відсмоктувачів дозволяє вирішувати основну задачу вентиляції - санітарно - гігієнічну.

Конструктивне оформлення місцевих відсмоктувачів визначається характером виділення шкідливостей і особливістю технологічного процесу. При розташуванні місцевого відсмоктування поза джерела виділення шкідливості, над ним або збоку, конструктивно він виконується у вигляді витяжних зонтів.

Витяжний зонт являє собою металевий ковпак, наявний над джерелом шкідливих виділень. Парасолі досить ефективні при стійких конвективних потоках, що мають осьову швидкість на рівні отвору всмоктування не менше 1 м / с.

Основна вимога, що пред'являється до зонтів, - вловлювати максимальну кількість шкідливостей при мінімальній витраті повітря; конструктивні їх елементи не повинні заважати виконанню робочих операцій.

Розрахунок вентиляції приміщення лабораторії. Для зменшення шкідливих факторів (пилу та газу) у приміщенні лабораторії переробки вторинних відходів є вентиляція, перевірочний розрахунок якої приведено нижче.

Приймаємо з конструктивних вимірювань, що зонт над піччю для переплавлення шламів металургійних виробництв має прямокутну форму, а висота розміщення його над джерелом виділення шкідливостей h = 0,5 м.

Джерело шкідливих виділень на дослідному устаткуванні в лабораторії має прямокутну форму з розмірами сторін: a_1 = 1,45 м і a_2 = 1,1 м, тоді розміри зонту на нижньому перетині будуть:

$$A_1 = a_1 + 2 \cdot 0{,}4 \cdot h = 1{,}45 + 2 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}5 = 1{,}85 \text{ м}; \quad (4.8)$$

$$A_2 = a_2 + 2 \cdot 0{,}4 \cdot h = 1{,}1 + 2 \cdot 0{,}4 \cdot 0{,}5 = 1{,}5 \text{ м}. \quad (4.9)$$

Кількість повітря, видаляємого від джерела шкідливостей - електропечі, рахуємо по формулі:

$$Q = 3600 \cdot F \cdot w, \quad м^3/годину, \tag{4.10}$$

де $F = A_1 \cdot A_2 = 1,85 \cdot 1,5 = 2,775$ м^2 – площа зонту на вході;

w – швидкість повітря на вході в зонт, м/с, приймається від 0,15 до 0,25 м/с, приймаємо w = 0,15м/с.

Тоді маємо: $Q = 3600 \cdot 2,775 \cdot 0,15 = 1500$ м^3/годину.

Для повітропроводу й зонту маємо загальний коефіцієнт протидії (коефіцієнт витрат):

$$E = E_{зонту} + E_к + E_ш = 0,49 + 0,4 + 0,5 = 1,39, \tag{4.11}$$

де $E_{зонту} = 0,49$ – коефіцієнт протидії зонту;

$E_к = 2 \cdot 0,2 = 0,4$ – коефіцієнт протидії двох колін повітропроводу;

$E_ш = 0,5$ – коефіцієнт протидії шиберу.

Дані й розрахунок вентиляційної системи в лабораторії приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахункові параметри та числа розрахунку вентиляції лабораторії

Параметри	Одиниця виміру	Числові дані та розрахункові
Обсяг повітря, Q	м^3/год	1500
Довжина повітропроводу	м	80
Швидкість повітря в повітропроводі	м/с	8,5
Діаметр труб повітропроводу	мм	250
Втрати тиску на тертя у 1м повітропроводу Ø 250, $R_{тр}$	кг/м^2	0,335
Втрати тиску на тертя в повітропроводі довжиною 80 м	кг/м^2	26,8
Швидкісний тиск	-	4,42
Загальний коефіцієнт протидії, Е	-	1,39
Втрати тиску на місцеві протидії, $H_м$	кг/м^2	6,15
Загальні витрати тиску, $(R + H_м)$	кг/м^2	32,95

Загальні витрати тиску у повітропроводі (з 10% запасом) складають:

$$H = 1,1\ (R + H_м) = 32,95 \cdot 1,1 = 36,2 \text{ кг/м}^2 = 362 \text{ Па} \tag{4.12}$$

По довіднику вибираємо центробіжний вентилятор типу Ц4 – 70N4, у якого коефіцієнт корисної дії $\eta_в = 0,8$ при Н = 48 кг/м^2 і n = 1400 об/хв. та $\eta_З = 0,95$ (на однієї осі).

Розрахуємо потужність електродвигуна при з'єднанні з вентилятором загальною муфтою на одній осі:

$$N = (Q \cdot H):(3600 \cdot 102 \cdot \eta_З \cdot \eta_п) = (1500 \cdot 48):(3600 \cdot 102 \cdot 0,8 \cdot 0,95) = 0,26$$

кВт.

Вибираємо електродвигун типу ОАЛ21-4 із n = 1400 об/хв., N = 0,27 кВт – для вентилятора типу Ц4 – 70N4.

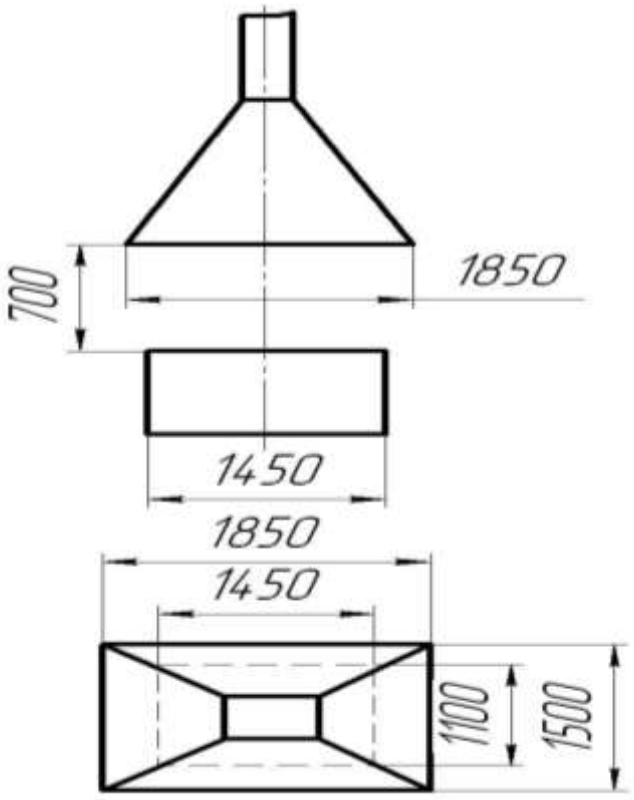


Рисунок 4.2 – Розрахункова схема зонта

4.5.3 Засоби індивідуального захисту

Обслуговуючий персонал лабораторії забезпечується засобами індивідуального захисту (ЗІЗ) безкоштовно згідно штатного розкладу на

підставі «Типових галузевих норм безкоштовної видачі робітникам та службовцям спеціального одягу, спеціального взуття й інших засобів індивідуального захисту».

Розрахунок річної потреби в ЗІЗ персоналу лабораторії надається в таблиці 4.4. Крім того, персонал лабораторії одержує безкоштовно захисні окуляри, каски, маски та інше.

Таблиця 4.4 - Розрахунок річної потреби в ЗІЗ обслуговуючого персоналу лабораторії

Професія, посада	Кількість робітників (чол.)	Найменування ЗІЗ	Термін носіння (міс.)	Річна потреба (шт.)
Зав. лабораторією	1	Костюм бавовняний Черевики шкіряні Рукавиці комбіновані	12 12 2	1 1 6
Апаратник (по завантаженню камер та ін.)	1	Костюм сукняний Куртка бавовняна з утеплюючою підкладкою Черевики шкіряні Рукавиці брезентові Шляпа войлочна	12 36 12 3 6	1 1/3 1 4 2
Лаборант	3	Халат бавовняний із пилозахистним просіченням Фартух гумовий із на груддям Рукавиці гумові Рукавиці комбіновані	18 Черговий Чергові 6	2 6
Слюсар	1	Полукомбінезон бавовняний Рукавиці комбіновані Черевики шкіряні Костюм прогумований Сапоги гумові	12 2 12 Черговий чергові	1 6 1
Разом	6	Костюм бавовняний Костюм сукняний Халат бавовняний із пилозахисним просіченням Полукомбінезон бавовняний Куртка бавовняна з утеплюючою підкладкою Шляпа войлочна Черевики шкіряні Рукавиці комбіновані Рукавиці брезентові		1 1 2 1 1/3 1 3 18 4

4.5.4 Побутові і допоміжні приміщення лабораторії

Лабораторія переробки вторинних відходів по санітарно-гігієнічній характеристиці відноситься до групи 2б, тому що супроводжується впливом на працюючих надлишків явного конвекційного і переважно променистого тепла від лабораторного обладнання та пилу.

У зв'язку з цим працівники лабораторії повинні бути забезпечені наступними побутовими приміщеннями та устроями: гардеробними, душовими, умивальними, убиральнями, устроями питного водопостачання, приміщеннями їдальні, відпочинку та здравпунктом ЦЗЛ, або заводською лікарнею.

Гардеробні призначені для збереження вуличного, домашнього та спеціального одягу. Вуличний (верхній) одяг зберігається відкритим способом на передбачених для цього гачках і вішалках. Число крючків приймається рівним чисельності робітників лабораторії і з обліком 5% резерву на практикантів. Отже кількість гачків з вішалками дорівнює:

$$6 + 6 \cdot 0{,}05 = 6{,}3; \qquad \text{приймаємо 7 шт.}$$

Для збереження домашнього і спеціального одягу для кожного робочого надається шафа, що защіпається, із двома відділеннями. Кількість подвійних шаф (з 5% резервом):

$$6 + 6 \cdot 0{,}05 = 6{,}3; \qquad \text{приймаємо 7 шаф.}$$

Інші приміщення розраховуються по кількості працюючих у лабораторії, бо всі працюють в одну (першу) зміну:

У жіночої і чоловічої душових 1 сітка душу передбачена на обслуговування трьох чоловік, отже загальна кількість сіток у душових:

$$6 : 3 = 2 \text{ шт.}$$

В умивальнях 1 кран розрахований на обслуговування 20 чоловік і тоді:

$$6 : 20 = 0,3,$$

приймаємо 1 кран. Загальне число умивальників дорівнює – 1.

Душові й умивальні розміщені суміжно з гардеробними.

Для харчування трудящих цілодобово працює цехова їдальня, у якій одне посадкове місце розраховане на обслуговування чотирьох чоловік:

$$6 : 4 = 1,5;$$

приймаємо в розрахунок 2 місця.

Для заповнення витрат вологи і мінеральних солей для робітників у цеху розміщені питні фонтанчики, автомати з підсоленою газованою водою. Джерела питного водопостачання розташовані від робочих місць у цеху не далі 75 м. Кількість джерел водоживлення для групи 2б розраховано по нормі – один питний устрій на 100 чоловік, приймаємо 1 устрій питної води.

Убиральні повинні бути вилучені від робочих місць у цеху не більш 75 м.

Кількість санітарних приладів у них визначено по нормі – 1 санітарний прилад на обслуговування 18 чоловіків у чоловічих або 12 жінок у жіночих убиральнях. Трудящі лабораторії цілодобово обслуговуються лікарським здравпунктом 1 категорії на території заводу.

ВИСНОВКИ

1. Пошук шляхів ефективної утилізації залізовмісних шламів є однією з найважливіших технологічних і природоохоронних проблем в чорній металургії. Масштаби і темпи накопичення шламів істотно перевершують обсяги їх утилізації. Аналіз свідчить про те, що в умовах України з урахуванням масштабності проблеми найбільш доцільним способом утилізації залізовмісних металургійних шламів є використання їх як компонента агломераційної шихти. Основними перешкодами до нарощування частки шламів у агломераційної шихті є відсутність малозатратних, ефективних і екологічно безпечних технологій зневоднення шламів, недостатня їх сипкість і змішуваність з іншими компонентами агломераційної шихти.

2. Поставлене в роботі завдання підвищення ефективності утилізації шламів вирішена шляхом використання при підготовці шламів до змішування з іншими компонентами агломераційної шихти нової добавки - торфу активованого.

3. Експерименти, проведені в дослідно-промислових умовах, показали, що підготовка агломераційних шихт із застосуванням торфу активованого дозволяє істотно поліпшити фракційний склад аглошихти, підвищити газопроникність шару, що спікається. При цьому продуктивність агломашини підвищується на 11,6% при заміні до 20% твердого палива торфом активованим.

4. Промислове відпрацювання і оцінка техніко-економічної ефективності виробництва агломерату з шихти, що містять шлами, показала, що у разі підготовки шламів з застосуванням торфу активованого поліпшується комкуємість аглошихти, підвищується газопроникність спекаємого шару, збільшується питома продуктивність агломашини.

5. Впровадження технології підготовки залізовмісних шламів шляхом змішування їх з торфом активованим дозволило в промислових умовах збільшити частку шламів у шихті в середньому на 60%. При цьому забезпечується підвищення межі допустимої для утилізації вологості залізовмісних шламів до 30%.

6. Технологія підготовки шламів до утилізації при спіканні агломерату постійно використовується в агломераційному цеху комбінату «Криворіжсталь». Річний економічний ефект від впровадження технології складає понад 600 тис. грн.

7. Крім економічного ефекту, обумовленого збільшенням обсягу утилізації шламів, економією твердого палива, концентрату та вапна, а також підвищенням продуктивності агломераційної машини, результати роботи мають позитивні екологічні та соціальні наслідки: збільшення обсягів утилізації шламів дозволяє економити незамінні копалини ресурси, зменшує землевідведення під шламосховища, скорочує забруднення навколишнього середовища від шламосховищ.

8. Відсутність необхідності в капіталовкладеннях, простота реалізації і висока ефективність роблять розроблену технологію перспективною для широкого використання на металургійних підприємствах України з повним циклом.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Policy studies: Ukrainian environmental policy. *International Center for Policy Studies.* March, 2000. №10. P.47 - 83.

2. Шатоха В.І. Екологічне забезпечення виробництва чавуну. Дніпропетровськ : Пороги, 2001. 181 с.

3. Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник для металург. спец. вищ. навч. закл. / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський [та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища школа, 2006. 503 с.

4. Дурягіна З. А., Лизун О. Я., Пілюшенко В. Л. Сплави з особливими властивостями : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів. Львів : Львівська політехніка, 2007. 236 с.

5. Теорія будови рідкого, аморфного і кристалічного стану (об’єм поверхні та поверхня в об’ємі) : монографія / М.М. Бережний та ін. Кривий Ріг : «Мінерал», 2007. 291 с.

6. Смірнов О. М., Макуров С. Л., Сафонов В. М. Виробництво зливків сталі та промислових сплавів : навч. посіб. Донецьк : Ноулідж, 2013. 405 с.

7. Попович В. В., Попович В. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Львів : Світ, 2006. 624 с.

8. Атаманюк В. В. Технологія конструкційних матеріалів. Київ : Кондор, 2006. 528 с.

9. Технології одержання металів та сплавів для ливарного виробництва : навч. посіб. / А. М. Верховлюк, А. В. Нарівський, В. Г. Могилатенко. За ред. академіка НАН України В. Л. Найдека. Київ : Видавничий дім “Вініченко”, 2016. 224 с.

10. Збожна О. М. Основи технологій : навч. посіб. Тернопіль : Картбланш, 2002. С. 30–58.

11. Смирнов В. О., Білецький В. С. Фізичні та хімічні основи виробництва. Київ : Наука, 2005. С. 45−48.

12. Афтанділянц Є. Г., Зазимко О. В., Лопатько К. Г., Поліщук А. В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Конспект лекцій в 2-х книгах. Київ: НУБіП України, 2016. 125 с.

13. Сологуб М. А., Рожнецький І. О., Некоз О. І. Технологія конструкційних матеріалів та матеріалознавство. Київ : Техніка, 2002. С. 374.

14. Попович В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга І. Львів. 2000. С. 264.

15. Попович В., Голубець В. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Книга ІІ. Суми : Університетська книга, 2002. С.259.

16. Сталеплавильне виробництво: навч. посіб. / В.І. Баптизманський та ін.]. Київ : ФЗМН, 1996. 400 с.

17. Сборник технологических инструкций по выплавке стали в открытой дуговой печи. Запорожье : ОАО «Днепроспецсталь», 2004. 245 с.

18. Державні санітарні правила "Підприємства чорної металургії" ДСП 3.3.1.038-99.

19. Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».

20. Наказ МОЗ України «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони» 14.07.2020 № 1596.

21. ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.

22. ГОСТ 12.1.012-90. ССБТ. Вібраційна безпека. Загальні вимоги.

23. ДСТУ 3038-95 Гігієна. Терміни та визначення основних понять.

24. ДСТУ ГОСТ 12.4.221:2004 Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от повышенных температур теплового излучения, конвективной теплоты. Общие технические требования (ГОСТ 12.4.221-2002, IDT).

25. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безопасной эксплуатации электроустановок (ДНАОП 1.1.10-1.01-97).

26. СНиП 2.01.02-85*. Протипожежні норми (Діє ДБН В 1.1-7-2002) (2.01.02-85*) (СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы (Действует ДБН В 1.1-7-2002)).

27. ДБН В.2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення.

28. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

ДОДАТОК А

ПУБЛІКАЦІЇ ЗА ТЕМОЮ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Міністерство освіти і науки України
Запорізький національний університет
Інженерний навчально-науковий
інститут ім. Ю. М. Потебні

ІНЖЕНЕРНІ ІННОВАЦІЇ ТА РОЗБУДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ЕКОНОМІКИ

Матеріали
І Міжнародної науково-практичної конференції
Інженерного навчально-наукового інституту
ім. Ю. М. Потебні

09–10 травня 2024 року

Видавничий дім
«Гельветика»
2024

УДК 001.895:62+330.341.1(477)(062.552)
І-62

Редакційна колегія:

В. В. Храпкіна, доктор економічних наук, професор, професор кафедри маркетингу та управління бізнесом, Національний університет «Києво-Могилянська академія» (м. Київ);

О. Г. Вагонова, доктор економічних наук, професор, завідувач кафедри прикладної економіки, підприємництва та публічного управління, Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» (м. Дніпро)

Рекомендовано до друку
Рішенням Вченої ради Запорізького національного університету
(протокол № 14 від 27 червня 2024 року)

І-62 **Інженерні інновації та розбудова національної економіки** : матеріали І Міжнародної науково-практичної конференції Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні (09–10 травня 2024 року, м. Запоріжжя) / наук. ред. Н. Г. Метеленко ; Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету. – Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. – 1020 с.

ISBN 978-617-554-288-0

У виданні представлені тези доповідей учасників І Міжнародної науково-практичної конференції «Інженерні інновації та розбудова національної економіки» (09–10 травня 2024 року), підготовлені за такими базовими тематичними напрямами, як: Цифрова трансформація економіки України: Industry 4.0, інноваційне підприємництво, національна безпека; Європейські інтеграційні процеси розбудови національної економіки: фінанси, оподаткування, страхування; Фізична електроніка та біоінженерія: тренди розвитку; Інженерна екологія. Сучасні технології кольорової та чорної металургії; Інновації в інженерії програмного забезпечення; Електрична інженерія: відновлювані джерела енергії, «зелена» воднева енергетика, інтеграція в енергетичну інфраструктуру Європи; Архітектура та будівництво: фундатор сучасних будівельних технологій; Механічна інженерія: сучасне обладнання та новітні технології в промисловості; Філософія управління та адміністрування: ризик-менеджмент і цифровізація на макро- і мікрорівнях; Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка: сучасні виклики.

УДК 001.895:62+330.341.1(477)(062.552)

© Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні
Запорізького національного університету, 2024
© Автори статей, 2024

ISBN 978-617-554-288-0

хімічних потенціалів Гіббса, який дозволяє описувати хімічні процеси у будь-яких системах без попереднього їх представлення у вигляді стехіометричних реакцій і дає можливість найпростіше пояснити сутьність будь-якого процесу в термінах безпосередньо вимірюваних величин, таких як температура, тиск, хімічний склад, об'єм, маса та ін.

В роботі досліджено зміни температурі і її залежності від теплових ефектів матеріалів. Теплові ефекти суттєво відрізняються для різних феросплавів, що обумовлено різницею їх хімічного складу, передусім вмістом таких елементів, як марганець, кремній, алюміній, вуглець і кисень.

В якості інструменту дослідження використовували термодинамічний модуль навчально-дослідницької комп'ютерної програми "Excalibur", який дозволяє змінювати низку параметрів, таких як: тиск, початкова температура системи, окисленість металу, кратність шлаку, і одночасно спостерігати за зміною інших параметрів, таких як кінцева температура, хімічний склад металу, шлаку і газу, а також термічних ефектів усіх матеріалів.

Отримані кількісні залежності теплових ефектів сталі дозволяють на практиці працювати з відносно низькими температурами металу перед його випуском з печі.

УДК 669.054.8

Циганов Гліб Ігорович
магістрант, 1 курс, кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету

Кириченко Олексій Геннадійович
к. т. н., доцент, доцент кафедри металургійних технологій, екології та техногенної безпеки, Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету

ТЕХНОЛОГІЇ УТИЛІЗАЦІЇ ЗАЛІЗОВМІСНИХ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАМІВ

Актуальність. Щорічно в Україні утворюється близько 1 млрд т відходів виробництва та споживання, з яких тільки 10–15 % використовується як вторинні матеріальні ресурси. Відходи займають площу близько

70 тис. га, а їх загальний обсяг досяг 25 млрд т. Відходи є одним з найбільш важливих факторів забруднення середовища, при цьому витрати на складування відходів іноді досягають 20 % від собівартості продукції.

Однією з найбільш гострих проблем ресурсозбереження в чорній металургії є утилізація шламів. Ще до кінця 80-х років на таких найбільших металургійних комбінатах України, у Кривому Рогу, Дніпрі, Запоріжжі та Маріуполі було накопичено понад 12 млн т залізовмісних відходів – переважно у вигляді шламів. В Україні щорічно утворюється понад 13 млн т залізовмісних відходів, у тому числі 10 млн т залізовмісних шламів.

Аналіз останніх досліджень. Найбільш повно інформація щодо цього питання представлена у роботах [1; 2].

Мета. Утилізація залізовмісних шламів різних металургійних виробництв та можливості залучення їх у нові металургійні переділи, зокрема в агломераційне виробництво.

Основний текст. Ступінь утилізації залізовмісних шламів на різних металургійних підприємствах різна і за даними [2] в середньому становить (%):

- для агломераційного виробництва – 82;
- для доменної газоочищення – 69;
- для під бункерних приміщень доменного цеху – 50;
- для конвертерного виробництва – 47;
- для газоочистки мартенівського виробництва – 24.

Таким чином, резерви підвищення ступеня утилізації залізовмісних шламів на металургійних підприємствах України досить значні.

Разом з тим, залізовмісні металургійні шлами є дуже цінним вторинним ресурсом. Вміст заліза в них становить 35–55 %, а іноді досягає 65 % і більше. Згідно розрахункам, поданим у роботі [3], утилізація 1 т залізовмісного шламу середньостатистичного складу (у більшості випадків шлами агломераційного, доменного та сталеплавильних цехів складуються спільно) дозволяє заощадити в середньому 560 кг залізорудного концентрату, 242 кг аглоруди, 155 кг вапняку і 27 кг коксового дріб'язку.

Ефективне і максимально повне використання залізовмісних шламів не тільки раціонально з точки зору економії незамінних природних ресурсів. Тривале зберігання металургійних шламів у шламонакопичувачах неминуче супроводжується значним екологічним збитком – як в результаті інфільтрації його компонентів в ґрунтові води, так і внаслідок забруднення атмосфери пилоподібними і газоподібними речовинами. Особливо гостро ці проблеми стоять у Дніпропетровській, Донецькій і Запорізькій областях, де антропогенне навантаження на навколишнє середовище металургійних підприємств найбільше значне.

Ефективна утилізація металургійних шламів пов'язана з необхідністю їх зневоднення, що вимагає значних матеріальних та енергетичних витрат. Найбільш поширені технології зневоднення до вологості, прийнятною для подальшої утилізації шламів як компонента агломераційної шихти, пов'язані з необхідністю вакуумної фільтрації. Ці процеси реалізуються в металомістких технологічних агрегатах (зокрема, в вакуум-фільтрах різних конструкцій) і пов'язані зі значними енергетичними затратами. Крім того, навіть за умови використання реагентів, що підвищують ефективність згущення [4], вони не забезпечують зневоднення до вологості 7–8 %, оптимальної для подальшого використання.

Більш глибоке зневоднення шламів вимагає застосування термічного сушіння, наприклад в барабанних сушарках, які не тільки метало- та енергоємні, а й екологічно збиткові. Відомі прийоми перекладу вологи металургійних шламів у зв'язану форму шляхом змішування їх з сухими компонентами (сухим пилом газоочистки, негашеного вапна та ін.) супроводжуються пиловидаленням в навколишнє середовище, в них не вирішені проблеми ефективного введення сухих компонентів.

Впровадження технологій утилізації залізовмісних шламів, що передбачають брикетування, має цілком очевидну перспективу і набуло поширення за кордоном, однак вимагає значних капітальних вкладень. Крім того, ці технології пов'язані з необхідністю підсушування шламів і термічною обробкою брикетів, тобто вимагають додаткових енергетичних витрат.

Такий альтернативний варіант, як використання залізовмісних шламів у циклонній плавці або в електротермічних установках, хоч і представляє інтерес, однак, навряд чи зможе вирішити масштабне завдання утилізації таких значних обсягів шламів.

Більшість сучасних дослідників приходять до висновку про те, що в умовах України основним методом утилізації залізовмісних металургійних шламів, дозволяє ефективно вирішити настільки масштабне завдання без істотних капітальних вкладень, є використання їх як компонента агломераційної шихти.

Висновки. Пошук шляхів ефективної утилізації залізовмісних шламів є однією з найважливіших технологічних і природоохоронних проблем в чорній металургії. Масштаби і темпи накопичення шламів істотно перевершують обсяги їх утилізації. Аналіз свідчить про те, що в умовах України з урахуванням масштабності проблеми найбільш доцільним способом утилізації залізовмісних металургійних шламів є використання їх як компонента агломераційної шихти. Основними перешкодами до нарощування частки шламів у агломераційної шихті є відсутність малозатратних, ефективних і екологічно безпечних технологій зневоднення шламів, недостатня їх сипкість і змішуваність з іншими компонентами агломераційної шихти.