

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ГІРНИЧО-МЕТАЛУРГІЙНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ ЧОРНИХ МЕТАЛІВ І ЛИВАРНОГО ВИРОБНИЦТВА

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
до випускної атестаційної роботи бакалавра  
зі спеціальності 136 – **Металургія**

**Розробка технології отримання і подальшого використання  
безвипалювальних окатишів на цементній зв'язці основністю 0,8 в умовах  
підприємства потужністю 4,5 млн.т**

Виконав: Студент групи МТ 21ск \_\_\_\_\_ Микита ПРОЗОРОВ  
Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ Володимир ПЛОТНИКОВ  
Нормоконтролер \_\_\_\_\_ Володимир ПЛОТНИКОВ  
Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ Сергій САВЕЛЬЄВ

Кривий Ріг  
2024 р.

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с., рис , табл. , літературних джерел .

Об'єкт проектування – фабрика огрудкування продуктивністю 4,5 млн. т для виробництва обкотишів основністю 0,8.

У загальній частині приводиться техніко-економічне обґрунтування проекту, загальні відомості про проєктовану фабрику і сировинна база Центрального ГЗК.

У технологічній частині виконані розрахунки шихти огрудкування та хімічного складу обкотишів, технологічної схеми виробництва обкотишів та основного технологічного обладнання. Передбачається встановити чотири обпальовальні машини ОК-520 із відповідним обладнанням.

У спеціальній частині досліджено метод виробництва обкотишів на цементній зв'язці

В частині «Охорона праці» розроблені заходи забезпечення безпечних умов праці.

В частині «Охорона оточуючого середовища» розглянуто вплив агломераційного виробництва на навколишнє середовище та методи боротьби зі шкідливими викидами виробництва.

ОБКОТИШІ, ЦЕМЕНТ, КОНЦЕНТРАТ, ЗВ'ЯЗКА, СПІКАННЯ,  
ОГРУДКУВАННЯ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

## ЗМІСТ

Вступ .....	
1. Загальна частина .....	
2. Спеціальна частина .....	
2.1. Розробка технології одержання безвипалювальних обкотишів.....	
2.2. Розробка технології зміцнення і металізації залізовмісних обкотишів в обертовій трубчастій печі.....	
3. Технологічна частина.....	
3.1. Вихідні данні для розрахунку.....	
3.2. Розрахунок питомих витрат компонентів шихти.....	
3.3. Розрахунок хімічного складу окатишів.....	
3.4. Вибір технологічного обладнання для цеху виробництва окатишів..	
4. Охорона праці .....	
5. Охорона оточуючого середовища .....	
Висновки .....	
Список використаної літератури .....	

## ВСТУП

Виробництво чавуну й стали у світовому масштабі в порівнянні з 1950 р. різко зросло й за прогнозами буде збільшуватися й далі, тому вже в цей час і в ще більшому ступені в майбутньому поряд з багатими рудами використовуються руди, що вимагають збагачення. Цей процес, як правило, супроводжується тонким здрібнюванням породи. Внаслідок цього підвищується значення огрудкування залізних руд (агломерації й виробництва обкотишів, до якого часто зводять поняття й огрудкування). Процес огрудкування є з'єднуючою ланкою між збагаченням і металургійною обробкою.

У розвитку огрудкування залізорудних концентратів можна відзначити три етапи. Початок першого етапу припадає на 1912 р., коли швед Андерсон одержав перший патент на огрудкування руд. Причому сучасні способи огрудкування багато в чому схожі на спосіб Андерсона. В 1913 р. Бракельсбергом у Німеччині був запатентований метод, що передбачає виробництво агломерату або гранул з добавкою води й сполучного, устаткування для виробництва гранул (барабан) і метод зміцнення окатишів при низьких температурах. Цей метод реалізований в 1929 р. у Рейнхаузені на заводі «Фрідріх-Альфред-Хюте», де була побудована напівпромислова установка для виробництва обкотишів продуктивністю 120 т/добу з руд Сидварангер і Кируна, колошникового пилу доменних печей і інших матеріалів. В 30-і роки перші експериментальні роботи з огрудкування різних руд були здійснені й у Радянському Союзі.

В 1942-1943 рр. у США почалися великі дослідження огрудкування таконитового концентрату, тому що через виснаження родовищ якісних залізних руд почався видобуток бідних руд. Особлива увага приділялася зміцненню окатишів спіканням. В 1947 р. у Швеції побудована перша експериментальна установка для огрудкування продуктивністю 12 т/добу. У цьому ж році були побудовані ще дві установки для виробництва й спікання обкотишів продуктивністю 100 т/добу.

В 1951 р. у США побудоване й пущене в хід перше у світі промислове устаткування для виробництва обкотишів. Уведенням цієї потужності починається другий етап розвитку огрудкування — етап швидкого зростання виробництва обкотишів. В 1958 р. світове виробництво обкотишів становить приблизно 15, в 1963 р. 34 і в 1967 р. 84 млн. т. З 100 млн. т обкотишів, виготовлених в 1970 р., 16,4 млн. т. зроблене в СРСР, у якому починаючи з 1958 р. виробляються обкотиші в місті Рудному, Кривому Розі, Качканарі й ін. Проектна потужність підприємств у світі по виробництву обкотишів в 1970 р. склала 100, а в 1975 р. - близько 152 млн. т.

Частка обкотишів у шихті доменних печей повинна скласти 30%. Відповідно до довгострокових прогнозів по випускові чавуну й стали на період з 1975 до 2015 р. очікується зростання виробництва офлюсованих обкотишів для доменних печей і для прямого відновлення. Офлюсовані обкотиші мають кращі механічні властивості в порівнянні з кислими.

Третій етап розвитку огрудкування спрямований на пряме відновлення заліза з руди й на інтенсивне вивчення якості обкотишів. Поліпшенням якості обкотишів можна досягти збільшення економічного ефекту при виробництві чавуну в порівнянні з підвищенням продуктивності устаткування для спікання обкотишів при незмінних їхніх властивостях. Збільшення міцності обкотишів на 10% при виробництві 10 млн. т чавуну приводить до щорічної економії 22 млн. грн. Цих засобів досить для будівництва нових підприємств огрудкування.

Тому, виробництво окатишів на базі Центрального ГЗК є ефективним і перспективним.

## 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

### 1.1 Характеристика підприємства.

Відкрите акціонерне товариство «ЦГЗКа», створено в 1997 році, і розташовалося на території Тернівського району м. Кривого Рогу. Комбінат займає площу 6262,7 гектара. Під промислові об'єкти та складські приміщення відведено 930,4 гектара. Площа складських приміщень складає 24348м<sup>3</sup>.

У складі комбінату 8 основних та 8 допоміжних цехів, 5 управлінь. Сировинна база представлена кар'єром №1 (Глеєватського родовища), кар'єром №3 (Петровського родовища), кар'єром №4 (Артемівського родовища). Початкові проектні потужності по магнетитовій руді складала в порядку назви об'єктів сировинної бази (у млн. тон) 11,8,4, нинішні потужності (у млн. тон) 5,4,1; вміст заліза магнітного в руді відповідно у (%) 21,24,28.

Концентрат, що виробляється на комбінаті за якісними характеристиками найкращий в Україні. Вміст заліза в ньому 66-66,3%. Обкотиші підприємство випускає двох видів: офлюсовані (вміст 63,5%, основність-0,1, дріб'язок 4%).

Товарна продукція комбінату відправляється на експорт (Чехія, Словачія, Польща, Румунія) та на внутрішній ринок (металургійні комбінати Кривого Рогу, Дніпропетровська, Дніпродзержинська).

У 2000 році постачання складала на експорт – концентрату 1 млн.841,3 тис. тонн, обкотишів 17,5тис.тон, офлюсованого концентрату-3,8тис.тон; на внутрішній ринок - концентрату 212,4тис.тон, обкотишів-1млн.706,4тис.тон, офлюсованого концентрату-39,7 тис. тон.

### 1.2 Опис технологічної схеми виробництва обкотишів на ЦГЗКа і шихтових матеріалів.

Фабрика огрудкування ЦГЗКа складається з двох технологічних цехів – цеху приготування шихти і цеху огрудкування та випалу.

Фабрика огрудкування ЦГЗКа введена в лад в 1968 році. Технічні й проектні рішення при будівництві фабрики базувалися на застосуванні технологічного встаткування яке для того часу (1962-1968рр) відповідало науково-технічному

прогресу й накопиченим рівням знань і досвіду роботи фабрик огрудкування чорної металургії.

До теперішнього часу технічний рівень фабрики відстав від сучасних вимог, особливо по основному технологічному встаткуванню. Це стосується насамперед випалювальних машин ОК-5-108, чашових огрудкувачів 5,0м, шарових млинів, дозуючого й ваговимірювального встаткування й т.п.

Цех приготування шихти поєднує в одному комплексі:

- корпуси дроблення й сушіння вапняку і бентоніту з обслуговуючими їхніми самохідними бункерами й конвеєрами;
- відділення здрібнювання сирих матеріалів;
- відділення приготування шихти з комплектом бункерів, дозаторів, конвеєрів, ваговимірювачів і змішувачів на 2-х паралельних потоках шихти.
- шихтові бункери корпусу огрудкування з конвеєрами, що подають, і саморозвантажними візками.

У цех приготування шихти надходять всі сирі матеріали, що становлять шихту для одержання обкотишів: магнетитовий концентрат, флюсуєчі добавки, зв'язуючі, возврат.

Поступаючі в цех матеріали повинні відповідати по якості технічним умовам і СТП.

Вапняк і бентоніт, що поставляють комбінату у вагонах МПС, повинні мати паспорта із вказівкою їхньої якості й ваги.

Матеріали, що подають в шихту - концентрат зі складу збагачувальної фабрики, вапняк і бентоніт з бункерів мелених домішок і возврат - піддаються випробуванню відповідно до карти випробування ВТК.

Концентрат є основною залізородною частиною шихти. Він поступає зі складу збагачувальної фабрики в витратні бункери корпусу підготовки шихти. Забір концентрату зі складу проводиться у відповідності з «Інструкцією по складуванню, усередненню і вивантаженню концентрату, який належить переробці на фабриках огрудкування.

Заповнення видаткових бункерів концентратом проводиться на обох потоках за допомогою реверсивних пересувних конвеєрів. При розвантаженні рівень матеріалів в бункерах не повинен опускатися нижче 1/3 висоти бункеру.

Доломітизований вапняк. Додається в шихту в якості флюсуєчих домішок для виробництва офлюсованих обкотишів. Надходить із Докучаєвського флюсодоломітного комбінату (Єленівське родовище).

Якість вапняку визначається технічними умовами.

Вихідна крупність повинна становити 80-0мм.

Вапняк прибуває в п/вагонах (гондолах) партіями до 650т і розвантажується на естакаді складу сирих матеріалів через розвантажувальні люки. З - під естакади вапняк рейферними кранами перевантажується в штабель висотою до 9м. Ємність складу для вапняку - 24000т.

Склад облаштований двома козовими рейферними кранами Q=15т з ємністю рейфера – 5,3м<sup>3</sup>, а також чотирма самохідними бункерами об'ємом 6,5м<sup>3</sup>.

Підготовка вапняку здійснюється в 2 стадії:

- 1) дроблення вихідного матеріалу в молоткових дробарках до фракції 20-0мм.
- 2) Здрібнювання дробленого вапняку з 20-0мм до 0,1-0мм у кульових млинах сухого помолу.

Зі складу вапняк рейферним краном завантажується в самохідні бункери (2-4), які молотковими живильниками видають його з конвеєрів в молоткові дробарки для попереднього дроблення.

Роздроблений до крупності 20-0мм вапняк після молоткових дробарок подається в цех і завантажується в проміжні бункери. З бункерів вапняк видається дозаторами на стрічкові конвеєри й завантажується в млини.

Схема дроблення – напіврозімкнута з регульованою частиною вентиляю чого сушильного агенту в вхідний патрубок млина.

Як сушильний агент використовують гарячі гази з температурою 400-500<sup>0</sup>С від топкових агрегатів.

Здрібнений до фракції 0-0,1мм вапняк з пилоосаджувальних агрегатів надходить на гвинтові транспортні шнеки, які розподіляють його по видаткових бункерах, розташованих в одному ряді з видатковими бункерами концентрату.

Бентоніт. Застосовується як сполучна добавка в шихту для поліпшення якості сирих обкотишів й інтенсифікації сушіння. Надходить у цей час в основному з Казахстану (Даш - Салахінське родовище). Вагони з бентонітом на складі сирих матеріалів розвантажуються аналогічно вапняку.

Ємність складу бентоніту становить 16000т. Зі складу бентоніт подається у відділення здрібнювання як і вапняк потоками конвеєрів, попередньо піддавшись дробленню на молотковій дробарці до фракції 20-0мм.

За допомогою конвеєрів бентоніт може бути поданий у вихідний бункер будь-якого шарового млина.

У зв'язку з поганою транспортабельністю вологого бентоніту можлива його сумісна подача з вапняком в млини відділення подрібнення. Однак, цей спосіб дає грубе дозування і може призвести до збільшення витрати бентоніту (на 15-20%).

Подрібнений окремо бентоніт поступає в бункери меленого продукту. З цих бункерів продукт дозується в шихту з допомогою шнекового живильника і стрічкового дозатора ЛДА – 60 на збірні конвеєри.

Возврат. Є оборотним продуктом, що виходить у результаті грохочіння відсіву самобаласних грохотів випалювальних машин на інерційних грохотах корпусу сортування.

Охолоджений возврат крупністю 0-8мм подається в цех шихти в бункери возврату, звідки з допомогою тарільчатого живильника ДТ-200 дозується на збірні конвеєри.

Кількість возврату в шихті не повинна перевищувати 10% по масі.

Розподілення матеріалів по шихтових бункерах наступне:

Таблиця 1.1.

Матеріал	Кількість чарунок шт	Об'єм чарунки м <sup>3</sup>	Витрата матеріалу	Запас	
				тонн	годин роботи
Магнетитовий концентрат		100	880	2460	3
Доломітизований вапняк		65	180	650	4
Бентоніт		65	10	130	14

Ємність проміжних бункерів перед млинами складає 100м<sup>3</sup> (на один млин), що забезпечує запас в годинах роботи:

по вапняку – 2 години

по бентоніту – 2 години

Звільнення бункерів нижче 1/3 їхньої висоти заборонено.

При необхідності заповнення бункерів іншими матеріалами, матеріал, який знаходиться раніше в ньому, вивантажується, а бункер очищується.



Для процесу огрудкування й для наступного процесу випалу сталість складу шихти має першорядне значення. Правильно складена й ретельно віддозована шихта стабілізує процес огрудкування від чого поліпшується якість сирих обкотишів і знижується вихід дріб'язку 5-0мм після випалу.

Склад шихти визначається розрахунком, виходячи з хімічного складу окремих компонентів і заданого хімічного складу обпалених обкотишів.

Дозування. В цеху передбачено автоматичне дозування всіх компонентів шихти, яке забезпечує стабілізацію дозування.

Для вапняку й бентоніту прийняте вагове дозування шнековими живильниками в комплекті зі стрічковими автоматичними дозаторами ЛДА-60, а для возврату - вагове дозування тарілчастими живильниками ДТ-200 у комплекті з конвеєрними вагами ЛТМ.

Возврат в шихту дозується у відповідності з його поступанням і наявністю в бункерах в кількостях не більше 10%.

Бентоніт дозується в кількості 1,0-1,5% в залежності від його якості і вологості шихти.

Вапняк дозується в шихту в кількостях, необхідних для отримання основності обкотишів у відповідності з діючими ТУ.

Концентрат являє собою вологий, погано сипучий матеріал, тому для нього прийняте об'ємне дозування тарілчастими живильниками ДТ-200. Всі дозатори концентрату включені в систему автоматичного дозування компонентів шихти.

Змішування. Призначення змішування - ретельний і рівномірний розподіл часток окремих компонентів шихти між собою для одержання однорідної шихти.

Змішування шихти проводиться у двох барабанах-змішувачах розміром 3,2x7,5м продуктивністю до 1200т/годину кожний.

Змішана шихта зі змішувачів розвантажується на конвеєра й транспортується в бункери цеху огрудкування. Розподіл шихти по бункерах проводиться 4-ма автостелами, що працюють у човниковому режимі.

Огрудкування. Є однією з основних технологічних операцій огрудкувальної фабрики і призначається для окочування тонкоподрібнених залізорудних концентратів, суміші з флюсуною (вапняком) і сполучною (бентоніт) добавками і возвратом.

Шихта - складена в певному ваговому співвідношенні суміш концентрату, вапняку, бентоніту й возврату - надходить на огрудкування до цеху приготування шихти по конвеєрах.

За допомогою саморозвантажувальних візків шихта розвантажується в бункери ємністю 70м<sup>3</sup> кожний, розміщених в два ряди.

Шихта тарільчастим живильником ДТ-200 і стрічковим живильним конвеєром подається в чашовий огрудкувач на огрудкування.

Готові обкотиші з чаші вивантажуються на збірні конвеєри «Д» напівсекцією, а потім загальним збірним конвейером «ОБ» подаються на випалювальну машину.

Кожна випалювальна машина обслуговується однією секцією огрудкувачів.

Якість сирих обкотишів залежить від:

- однорідності шихти по крупності, вологості й рівномірності розподілу вапняку й бентоніту по всій масі шихти;
- часу окочування шихти в чашовому огрудкувачі;
- рівня вологості шихти;
- крупності шихти;
- вмісту і якості домішок (вапняку й бентоніту) і возврату;

Залежно від властивостей шихти потрібно підбирати певні, найбільш відповідні заданій якості обкотишів оптимальні параметри роботи огрудкувачів (кут нахилу, число обертів, навантаження по шихті, подача води на зволоження.)

Засобами регулювання процесу є:

- зміна витрати шихти в огрудкувачі в межах визначених розрахунком. Нижня межа відноситься до огрудкування шихти з низькою комкуючою здатністю,

верхня – у випадку високої комкуємості.

- число обертів огрудкувача – в межах 8-11 об/хв.;  
- кут нахилу чаші в межах 51-54°;  
- зволоження шихти. Оптимальна вологість шихти повинна складати 9,8-10,2%.

Сирі обкотиші надходять із цеху огрудкування по конвеєру й за допомогою роликів укладальника завантажуються на випалювальну машину, де послідовно проходять наступні стадії термообробки:

- зона сушки;
- зона підігріву;
- зона випалу;
- зона рекуперації;
- зона охолодження;

Зона сушки. Температура гарячого газу повинна бути не вище 450°С. Температура зони сушки I – 350 – 450°С; Температура в зоні сушки II – 500 – 650°С;

Зона підігріву. Температура в зоні підігріву повинна бути 900-1000°С.

Зона випалу. Температура в зоні у відповідності з основністю складає 1200-1350°С.

Зона рекуперації. Теплоносій в зону рекуперації подається шляхом організації його підтоку з зони охолодження.

Зона охолодження. Випаленні обкотиші охолоджуються на стрічці до 140°С.

Співвідношення технологічних зон випалювальної машини представлено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2

Найменування зони	Площа м <sup>2</sup>	Площа, %
Зона сушіння	27,6	25,5
Зона підігріву	12	11
Зона випалу	28	26
Зона рекуперації	20	19
Зона охолодження	24	18,5
Всього	108	100

### 1.3 Аналіз технологічної схеми фабрики огрудкування ЦГЗКа.

Фабрика огрудкування ЦГЗКа введена в лад в 1968 році. Технічні й проектні рішення при будівництві фабрики базувалися на застосуванні технологічного встаткування, яке для того часу (1962-1968рр) відповідало науково-технічному прогресу й накопиченим рівням знань і досвіду роботи фабрик огрудкування чорної металургії.

До теперішнього часу технічний рівень фабрики відстав від сучасних вимог, особливо по основному технологічному встаткуванню. Це стосується насамперед випалювальних машин ОК-5-108, чашових огрудкувачів 5,0м, кульових млинів, дозуючого й ваговимірювального встаткування й т.п.

У результаті рівень технології не відповідає сучасним вимогам одержання високоякісних обкотишів, зокрема, по основності й міцності, що викликає обґрунтовані претензії доменщиків.

Основні недоліки технології, виявлені в процесі експлуатації фабрики, полягають у наступному:

1. Незадовільне дозування бентоніту у видатковий бункер млина, недостачі помольних засобів вапняку для офлюсування шихти (до основності 0,7), при підвищеному масовому вмісті в концентраті, здрібнювання бентоніту виробляється разом з вапняком. При цьому природні труднощі в забезпеченні необхідної точності дозування й гнучкості регулювання комкуючої здатності шихти.

Для запобігання можливих її відхилень витрата бентоніту задається з деяким запасом, тобто більшим оптимального (9-12кг/сухої маси на 1т обкотишів.)

2. Незадовільне дозування шихти. Експлуатоване на фабриці вагодозувальне встаткування (шнекові живильники в комплекті з вагодозаторами ЛДА) не забезпечують необхідну точність дозування ( $\pm 0,5\%$ ). Фактично точність становить  $\pm 5,0\%$ , що не дозволяє одержати однорідну шихту й із цієї причини сирі обкотиші мають нерівномірний гранулометричний склад.

3. Несприятливе співвідношення висоти торта й діаметра чашових огрудкувачів складає 0,15. Внаслідок цього огрудкування вологої шихти протікає з порушеннями плавного сполучення циклів «підйом - окатування» й утворенням великої кількості пухких грудок й обкотишів великого розміру, а також дріб'язку. Останні дві обставини обумовлюють нерівномірний гранулометричний склад сирих обкотишів, що характеризується низьким виходом придатної фракції (20-10мм - 80-85%) і великою масовою часткою великих обкотишів і грудок (+20мм до 5,-7,0%)

4. Моральне й фізичне зношування конвеєрних випалювальних машин ОК-5-108. Дані випалювальні агрегати виконані з укороченою зоною охолодження (20,0% проти 41% у сучасних машинах) і із зоною сушіння I прососом (у сучасних машин - дуттям знизу). Це приводить до зниження продуктивності й росту витрати тепла. Крім того, на машинах ОК-5-108 на передбачена постіль, що супроводжується зниженням якості обпалених обкотишів. У цілому, питома витрата природного газу на діючій фабриці становить 50-52 обкотишів, що в 2,0-2,5 рази вище чим на сучасних фабриках.

5. Фізичне старіння встаткування. Недоліки технології привели до прискороного зношування технологічного встаткування, зростанню ремонтних робіт і вмісти з тим кількості відмов у роботі й простоїв технологічних ліній. Це привело до зниження використання встаткування до 70% (проти 93,0% проектних).

За час експлуатації фабрики огрудкування були виконані дослідження з удосконалювання технологічного процесу. Основними напрямками досліджень були - підвищення якості залізородних обкотишів й удосконалювання технології їхнього виробництва. Для підвищення техніко - економічних показників доменного переділу потрібно робити високоофлюсовану залізородну сировину з високими металургійними властивостями: низькою руйнацією при транспортуванні й відновленні, підвищеною температурою й вузьким інтервалом розм'якшення й плавлення. Установлено, що підвищення основності обкотишів з 0,7 до 1,2 супроводжується деяким зниженням продуктивності. Для часткової компенсації цього в шихту для виробництва обкотишів доцільно вводити до 1,0-1,5% твердого палива - антрацитового штибу. Таким вимогам відповідають обкотиші основністю 1,2, офлюсованні доломітизований вапняком, який містить 8-11,0% Mg.

Присутність певної кількості Mg підвищує тугоплавкість шихти, розширює температурний інтервал випалу на 30-50<sup>0</sup>C. Це дозволяє підвищити температуру випалу до 1700 $\pm$ 20<sup>0</sup>C та, відповідно, збільшити питому продуктивність процесу випалу, прискорити процеси повного твердофазного й напіврідкого спікання зерен шихти. Тим самим створюються умови для одержання залізородних обкотишів з високими металургійними властивостями. Слід зазначити, що позитивний вплив магnezії триває й у процесі доменної плавки.

У роботах Гметау, виконаних при участі фахівців КТУ й Механобрчермета, отримані дані про позитивний вплив заміни бентоніту карбонатним вапном, що дозволяє трохи підвищити масовий вміст заліза в обкотишах при одночасному збільшенні основності.

У процесі досліджень аналізу досвіду роботи фабрик огрудкування уточнювалися оптимальні параметри вихідної сировини, роботи подрібнювального, огрудкувального й випалювального встаткування, розроблялися пропозиції по підвищенню якості продукції. Деякі із цих пропозицій і враховані в розробках в цьому проекті фабрики огрудкування ЦГЗКа.

#### 1.4 Обґрунтування й опис технологічної схеми на проєктованій фабриці.

Проектowana фабрика буде працювати на магнетитовому концентраті ЦГЗКа, доломітизованому вапняку Докучаєвського флюсо-доломітового комбінату, бентонітовій глині Даш-Салахлінського родовища, антрацитового штибу (марка А, сорт Аш) Донецького басейну, карбонатного вапна власного виробництва.

Технологічний процес виробництва окатишів представлений на рисунку.

Послідовність операцій аналогічна існуючій схемі й містить у собі наступні операції:

- Прийом і складування сирих матеріалів (концентрат, доломітизований вапняк, бентонітова глина, карбонатне вапно, антрацитовий штиб)
- Сушіння бентоніту;
- Дроблення вапняку, бентоніту, вапна;
- Здрібнювання вапняку, бентоніту, вапна, штибу, відсівання;
- Дозування компонентів і змішування шихти;
- Огрудкування вологої шихти;
- Виділення й подача постелі на випалювальні машини;
- Температурно-теплова обробка сирих обкотишів;
- Просівання обпаленого продукту;
- Відвантаження й складування обпалених обкотишів;
- Уловлювання, зневоднювання й відвантаження шламів газоочистки й просипів;
- Очищення технологічних газів від пилу, хлоридів і сарною ангідриду (мокра газоочистка).

Подібна схема відповідає прогресивній технології виробництва залізородних обкотишів на сучасних фабриках огрудкування України й за кордоном.

Основне технологічне встаткування, рекомендоване до установки на проєктованій фабриці:

- Дробарка молоткова однороторна;
- Сушильний барабан СБ-3,5х18,0;
- Млин кульовий ШБМ-370х850;
- Змішувач барабанний 3,2х7,5;
- Огрудкувач чашовий d=7,5м;
- Змішувач роторний СР-400х1400;
- Випалювальна машина ОК-324;
- Гуркіт самобалансний 2000х5000;
- Барабан охолодження звороту 1,8х4,8;
- Гуркіт вібраційний ГВ-06;
- Живильник роликовий Пр-1-2000;

## 1.5 Технологія виробництва окатишів

Окатиші - тверді кулясті тіла, отримані шляхом окомковання тонкоздрібнених рудних матеріалів з добавкою зв'язувальних речовин із флюсами або без них з наступним зміцненням способами випалу, цементації. По співвідношенню змісту основних і кислих порід (основності) окатиші розділяють на офлюсованні (частково або повністю) і неофлюсованні (окислені). Виробництво окислених окатишів включає окомковання шихти (одержання сирих окатишів) у барабанних, тарілчастих або чашевих окомкователях і зміцнення їхнім випалом або безвипалювальними методами. Залежно від використання добавок розрізняють залізорудні, залізомарганцеві, залізонікелеві й інші окатиші. Залізорудні окатиші, у яких частина оксидів заліза (до 95%) відновлена до металу, називаються металізовані (використаються, головним чином, в електросталеплавильних печах для одержання якісної сталі). Якість окатишів виражають більшим переліком показників, що відбивають їхні властивості й функціональні ознаки. Звичайно їх групують на наступні чотири ознаки:

- 1) хімічно-мінеральний склад;
- 2) механічні властивості;
- 3) фізико-хімічні властивості;
- 4) стабільність якісних параметрів.

Для виробництва окатишів у цеху використовують залізорудний концентрат, доломітизований вапняк, глину бентонітову, активований торф і газоподібне паливо. Підготовка концентрату. Пульпа подається по пульпопроводу, магнітно флотується й надходить у згущувачі, де зважені тверді частки (зі змістом твердого 30-45%) осаджуються на дно й згрібаються до центра розвантажувальної лійки. Згущений продукт-пульпа із щільністю 55-65 %, віддаляється із dna згущувача насосами й розмагнічується. Потім переганяється в резервуари з механічними мішалками для усереднення. З резервуарів насосами пульпа переганяється в розподільник примусової подачі. Для підтримки постійного тиску в розподільнику приводи насосів мають безступінчасте регулювання. Подача пульпи на фільтр регулюється автоматично, так щоб кількість пульпи відповідала продуктивності фільтра. Для кожної технологічної лінії передбачено 10 фільтрів, у тому числі один резервний. Вологість становить 9.5%. Концентрат подається в дозувальні бункери, а розподіл по бункерах виробляється за допомогою плужкових скидачів. Дозування й змішування компонентів шихти. Концентрат, вапняк, бентоніт і торф за допомогою автоматичних вагодозаторів видаються на збірний конвеєр у заданій пропорції. Змішування здійснюється в роторному змішувачі, установленому на стрічці, а потім однорідна шихта надходить у барабанний окомкователь. Окомковання шихти. За рахунок

перекочування матеріалів і поверхневого натягу води, що впорскується для регулювання процесу окомковання в барабані. Ріст розміру гранул припиняється, коли в барабані не залишається дрібних часток.

Подальше перекочування матеріалу в окомкователі забезпечує механічне ущільнення окатишів, для транспортування, завантаження на решітку і теплової обробці на ній без руйнування. Для одержання необхідної вологості шихти, передбачається подача води в окомкователь. Після окомковання окатиші проходять просівання на роликівому грохоті з поділом на 2 класи: мінус 9,5мм і плюс 9,5мм. Окатиші з розміром менш 9,5мм стрічковими конвеєрами повертаються в окомкователь для подальшої доробки. Сирі окатиші розміром крупніше 9,5мм подаються на роликівий грохотукладальник, за допомогою якого виробляється додатково відділення дріб'язку й укладання кондиційних окатишів на колосники ґрат, що рухається, рівномірним шаром висотою близько 180 мм. Дріб'язок після роликівого укладальника повертається на конвеєр концентрату після фільтрів. Сушіння й попереднє нагрівання окатишів здійснюється на колосниковій решітці, що рухається. Окатиші проходять три зони: сушіння у висхідному потоці, сушіння в спадному потоці й попередній підігрів у спадному потоці. При сушінні у висхідному потоці гарячі гази з температурою 400°C нагнітаються в шар окатишів знизу, випарюють із окатишів вологу й нагрівають шар до середньої температури приблизно 230°C. Зволожені гази, що залишають шар після сушіння у висхідному потоці, прохолоджуються в шарі приблизно до 93°C, і після очищення пилу до санітарних норм викидаються в атмосферу. При сушінні в спадному потоці гази з 1400°C просмоктуються через шар зверху вниз. Метою цієї операції є забезпечення видалення вологи з верхнього шару окатишів для запобігання руйнування їх у зоні попереднього нагрівання. При попереднім нагріванні гази з температурою 1040–1050°C просмоктуються через шар зверху вниз. Метою цієї операції є одержання необхідної міцності окатишів, при якій вони можуть бути піддані випалу в обертовій печі без помітного руйнування. Середня температура окатишів після решітки – 980 °C. Теплової обробка окатишів на решітках здійснюється гарячими газами, що відходять із обертової печі. Перекачування газів по зоні решітки здійснюється трьома технологічними вентиляторами, з яких два просмоктують газ зверху вниз через шар окатишів у зоні попереднього нагрівання, сушіння спадним потоком і подають його в зону сушіння висхідним потоком й один вентилятор відсмоктує газ із ковпака зазначеної зони. Схемою передбачена можливість скидання надлишків газу, що надходить із обертової печі в зону попереднього нагрівання й подаваного в зону висхідним потоком. Решітки оснащені проміжною сухою газоочисткою, установленою перед вентиляторами зони попереднього нагрівання (циклони), мокрої очищення (скрубери) перед скидальним вентилятором зони сушіння висхідним потоком. Випал окатишів здійснюється в обертовій печі діаметром -6700 мм, довгої - 45720 мм. Для випалу застосовується

природний газ, що спалюється в торцевому пальнику, установленій на розвантажувальному кінці печі. Випал окатишів у печі відбувається за рахунок випромінювання смолоскипа пальника й розпеченої футеровки печі, а також конвекційного теплообміну між газовим потоком циркулюючого протівопотоку, через піч, вогнетривкої футеровки і поверхнею шаруючи окатишів. Обладнана вентилятором для подачі повітря на спалювання газу й газорегулюючої станцією, що забезпечує тиск газу перед пальником не більше  $2 \text{ кг/см}^2$ . Окатиші переміщуються уздовж печі за рахунок її обертання, при цьому відбувається постійне пересипання слоя окатишів і рівномірний їхній випал при оптимальній температурі  $1260+15-30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Після печі окатиші попадають на станційний охолоджений грохіт, за допомогою якого віддаляються спеки окатишів або настили з обертової печі крупністю  $200 \text{ мм}$  і більше. Після просівання окатиші подаються на охолодження в кільцевий охолоджувач. Кільцевий охолоджувач являє собою решітку у формі кільця шириною  $3111,5 \text{ мм}$  і середній діаметр (підлоги сумою зовнішнього й внутрішнього діаметрів)  $20116,8 \text{ мм}$ . У завантажувальній частині охолоджувача встановлена стінка, що розрівнює, для формування рівномірного шару окатишів висотою  $762 \text{ мм}$ . Охолоджувач має привід безступінчастого регулювання швидкості, за рахунок чого здійснюється автоматичне регулювання висоти шаруючи окатишів. Охолоджувач обертається в горизонтальній площині й конструктивно розділений на три зони: робоча зона, де відбувається охолодження окатишів, становить  $303$  градуса окружності; завантажувальна зона - дуга в  $25$  градусів, розвантажувальна зона-дуга в  $32$  градуса. Охолодження окатишів здійснюється продувом холодного повітря знизу нагору. Робоча зона підрозділяється, у свою чергу, на дві зони: зона рекупераційного охолодження, у якій від окатишів відбирається  $70-80 \%$  тепла й зона остаточного охолодження, у якій температура окатишів доводить до  $120 \text{ }^\circ\text{C}$ . Із зони рекупераційного охолодження нагріте повітря передається в обертову піч частково через завантажувальний жолоб охолоджувача й частково по окремому газопроводі, що з'єднує звід рекупераційної зони охолодження з розвантажувальною частиною печі. Із зони остаточного охолодження газу скидаються в атмосферу без попереднього очищення зі змістом пилу не більше  $60 \text{ мг/м}^3$ . Забір охолодного повітря здійснюється з атмосфери. Роботу кільцевого охолоджувача забезпечують два охолодні вентилятори, по одному на кожен зону охолодження. Охолоджені окатиші подаються на віброживильник-грохіт, де виробляється відділення класу плюс  $50 \text{ мм}$ , що вбирається пластинчастим конвеєром через спеціальний жолоб, за межі цеху у відкритий штабель. Клас мінус  $50 \text{ мм}$  (кондиційні окатиші), системою стрічкових конвеєрів транспортується на склад або на відвантаження. Схемою вантажопотоків передбачається можливість подачі окатишів на склад, безпосередньо на навантаження в баржі або в залізничні вагони, а також одночасна подача окатишів на навантаження безпосередньо з фабрики й зі складу в залізничні вагони або в баржі.

Укладання готових окатишів на склад і відвантаження його зі складу здійснюються відповідно одноконсольним штабелеукладачем і роторним забірником напільного типу на рейковому ході імпортною поставкою.

### 1.6 Технологія виробництва безвипальних окатишів

Тим не менш, сучасною тенденцією в даній проблемі слід вважати перехід від випалювальних методів зміцнення окатишів до безобжіговим (низькотемпературним). Застосування методів безвипалювального окативання руд і концентратів дозволяє значно знизити паливо-і енерговитрати на виробництво окатишів, зменшити капітальні витрати, поліпшити санітарно-гігієнічні умови праці, значно здешевити процес. Металургійні властивості безвипалювальних окатишів порівнянні з властивостями випалювальних окатишів, виготовлення ж їх більш вигідно економічно. Питання теоретичних і технологічних основ виробництва безвипалювальних окатишів складають в даний час предмет наукових, дослідно-промислових і промислових розробок як за кордоном, так і в нашій країні. Головною умовою реалізації процесу виробництва безвипалювальних окатишів є науково обґрунтований вибір сполучного, процес твердіння якого забезпечує успіх всієї технології. Отримання окускованного матеріалів шляхом безвипалювального окативання є складною технічною задачею. Складність її викликана наступними обставинами:

1. Строго обмежується хімічний склад переробляються концентратів з утримання другорядних і домішкових компонентів (S, P, Pb, As, Zn, Si). Останнім часом до шкідливих домішок віднесли також Na і K, присутність яких веде в аномальному розбухання окатишів в ході відновлення. Ці обмеження не дозволяють використовувати в процесі виробництва для згрудкування цілі класи високоефективних сполучних, такі як фосфатні цементи і зв'язки, лужні зв'язки, що пов'язують на основі сульфатів і ін
  2. Обмежується кількість вводиться сполучного, визначається межею розбавлення рудного концентрату з утримання основного елемента (Fe). Межа розбавлення вихідного концентрату називають «разубоживаніє», воно призводить до зменшення вмісту Fe в перероблюваної суміші і зниження продуктивності доменної печі. З позицій вибору сполучного це теж істотне обмеження, так як при низькому вмісті сполучного важче досягти необхідного рівня властивостей котунів, насамперед міцності, а саме в'язучий повинно відноситися до категорії високоміцних.
  3. Необхідно отримання окатишів з високим рівнем двох категорій властивостей: фізико-механічних, що визначають поведінку окатишів при зберіганні і транспортуванні, і металургійних, що обумовлюють їх поведінку в доменній печі в ході відновної плавки. Вклад того чи іншого сполучного в ці дві категорії властивостей може бути різним: сполучна, що забезпечує високі фізико-механічні характеристики окатишів, може виявитися несприятливим з точки зору металургійних властивостей і навпаки.
- Загальні вимоги до сполучній для окотування залізно-рудних концентратів можуть бути сформульовані наступним чином. В'язуче речовина повинна: забезпечувати високу міцність і хорошу атмосферостійкість окатишів, а також оптимальні технологічні параметри процесу окативання (технологічність процесу) і його економічність; не бути



хімічним баластом (не «разубожівать» вихідний концентрат); не погіршувати металургійні властивості обкотишів, перш за все відновлюваність; не містити шкідливі домішки; не бути дефіцитним.

При виробництві безвипалювальних окатишів застосовують такі основні групи сполучних: цементні, карбонатного тверднення, гідротермального зміцнення, кристаллогидратної зміцнення.

Основні процеси згрудкування залізородних концентратів методом окативанія із застосуванням сполучних розглядаються нижче.

Окатування на цементній зв'язці (спосіб Гренколд). Цей спосіб запропонований в кінці шістдесятих років, запатентований і реалізований в промисловому масштабі фірмою «Гренгесберг» (Швеція). Він заснований на використанні в якості сполучного портландцементу або шлакопортландцементу. Для регулювання схоплювання і початкових етапів твердіння крім гіпсу застосовують такі добавки, як, наприклад,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Na}_2\text{S}_04$ ,  $\text{NaOH}$ ,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{FeC}_b$  та ін

Процес зміцнення окатишів за цією технологією умовно розбивають на три періоди: індукційний (~ 10 год), коли міцність окатишів незначна; швидке зміцнення (3-6 добу), при якому досягається 70% кінцевої міцності; остаточне зміцнення (триває кілька тижнів).

Процес зміцнення окатишів визначається природними процесами гідратації цементу при кімнатній температурі (20 ° C) і залежить від змісту цементу, тонкощі його подрібнення, відносної вологості навколишнього середовища і виду добавок. Середня витрата портландцементу складає 8-12% в складі твердіючих суміші. Температура навколишнього середовища за цією технологією не повинна бути підвищена, оскільки це може викликати висихання окатишів і видалення необхідної для гідратації цементу води, а пристрої для підтримки заданої високої відносної вологості не передбачені.

Виняток одного з можливих ускладнень - злипання грудок (гранул) твердіючих суміші до досягнення ними помітною міцності (<1 МПа) - за цією технологією досягається рясним (до 30-40 мас.) Пересипанням окатишів концентратом з подальшим видаленням надлишку грохоченням. Успіх даної технології багато в чому визначається тонким помелом портландцементного клінкеру безпосередньо перед застосуванням, що виключає зазвичай відбувається пасивацію цементних мінералів. До цього необхідно додати реалізацію трехстадійного розмелювання клінкеру, причому третя стадія здійснюється мокрим способом спільно з водною суспензією; це забезпечує найбільш сприятливі умови для подальшої гідратації цементу та формування міцності окатишів.

Технологічна схема виробництва окатишів цим способом наступна. Пульпа збагаченого концентрату зневоднюється в згущувачі і на фільтрі, потім змішується в стрижневий млині у вологому стані з попередньо приготовленим сполучною, що складається з портландцементного клінкеру, доменного шлаку та добавок. Готова суміш транспортується на тарілчастий гранулятор, а отримані окатиші на підстильному шарі концентрату надходять в бункер попереднього твердіння, де знаходяться 30-40 ч. З готових котунів виділяють фракцію 8-25 мм, яку подають в бункер вторинного зміцнення, де при зберіганні протягом 5 сут окатиші набувають відвантажувальну міцність. Після

вторинного відділення дрібних фракцій на гуркоті окатиші надходять в бункер для відвантаження.

Отримані таким способом окатиші, що містять як єднального суміш Портландце-ментно клінкеру і доменного шлаку (1:1), мають середню крупність 15 мм, міцність після висушування-20 МПа, насипну масу-2 т/м<sup>3</sup>, щільність - 3,2 г / см<sup>3</sup>, вологість - 6,5, основність-близьку до 1, і наступний хімічний склад, мас.:% Fe-59, 7; MgO - 1,0; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-1, 1; Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-7,4, 4; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-8, 4; SiO<sub>2</sub>-5, 8; CaO-5, 9; S - 0,08; Na<sub>2</sub>O - 0,2; K<sub>2</sub>O - 0,1; п.п.п. - 2,7. Основними недоліками способу є «разубожива-ня» концентрату і тривалі терміни зміцнення.

Метод прискореного твердіння. Істотний недолік вищевикладеного способу - тривалі терміни зміцнення - подоланий в методі прискореного твердіння («Уралмеханобр», В. Е. Ло-гош), також використовує портландцемент в якості зв'язуючого. Прискорення твердіння досягається термовлажностної обробкою цементсодержащих окатишів (пропарювання окатишів насиченим водяною парою при 70-100 ° С) з подальшою їх сушінням.

Відповідно до запропонованої технологічної схеми (рис. 8.1) рудний концентрат і портландцемент після дозування піддаються активації в кульовий або стрижневою млині. Активація забезпечує високу ступінь змішування компонентів шихти і підвищення їх хімічної активності. Можна припустити, що портландцемент при такій обробці кілька дозмельчається і оновлює свою реакційну поверхню. Запропоновано також схема з роздільним попередніми домол портландцементний зв'язки.

Добавки - регулятори схоплювання і твердіння цементу вводять в воду, що додається в активовану шихту при її оком-ковані (грануляції). Оскільки пропарювання окатишів здійснюють насиченим водяною парою, не зменшується їх вологість і забезпечуються сприятливі умови для повного протікання процесу гідратації цементу і зміцнення цементної зв'язки. Пропарювання здійснюється в камерах тунельного типу безперервної дії з встановленим в них конвеєрним пристроєм для переміщення окатишів.

При реалізації такого технологічного процесу доцільно передбачити після виготовлення сирих котунів на грануляторі їх витримку при звичайних температурах на повітрі в період від початку до кінця тужавлення портландцементу. Додаткове зміцнення відбувається при сушінні пропарених окатишів і становить 40-100 від вихідної міцності. Передбачено два варіанти сушки окатишів: природна - в процесі їх транспортування і зберігання в теплу пору року при температурі вище 15 ° С протягом кількох діб і штучна - теплоносієм при 200-300 ° С. Міцність окатишів, отриманих методом прискореного твердіння, відповідає місячній міцності окатишів, тверділи в природних умовах при кімнатній температурі.

У результаті дослідно-промислового випробування методу були отримані такі властивості окатишів при крупності концентрату 74 мкм (47,5-69,0%) та активності в'язуючого 22 МПа при його вмісті в шихті 7,4%: вологість окатишів-сирцем-8,6 +9,0% пропарених окатишів-5ч-7%, міцність котунів-сирцю на скидання з висоти 300 мм - 5 +8 раз, міцність котунів-сирцю (d = 15 мм) на стиск - 0,35 - \* -0, 39 МПа, пропарених окатишів - 13,3 МПа / окатиш.

Метод прискореного твердіння може бути використаний також при згрудкуванні відходів металургійного виробництва, руд кольорових металів, хромітових руд, фосфоритів і ін

Метод автоклавного зміцнення. Є розвитком методу автоклавної обробки брикетів, запропонованого ще в 1882 р. Шумахером і потім неодноразово вдосконалюватися. Нове сучасне розвиток і технічне оснащення цей метод отримав починаючи з 1960-х років стосовно до виробництва окатишів. Суть методу полягає в утворенні в гідротермальних умовах зв'язки на основі гідросилікатів кальцію з вапна і кремнезему. Останній може вводиться в вапнякових-во-рудну суміш спеціально (ззовні) або бути кремнеземутримуючі залишки порожньої породи, що збереглася в руді після її збагачення.

Відмінності у варіантах реалізації автоклавного процесу зміцнення окатишів в основному складаються у використанні або невикористанні добавки додаткового кремнезему понад вже наявного в складі руди. Відповідно до процесом «Кобо» (Швеція) шихта для окативання складається з 2 / з грубого (80% частинок менше 0,4 мм) і х / з тонкого (80% частинок менше 0,08 мм) концентрату, а також сполучного - до 10% вапна, цементу, обпаленого доломіту або 2-20% тонкоподрібненого сталеплавильного шлаку. Окатиші-сирці після деякої попередньої витримки в вагонетках подаються в автоклав, де витримуються при 160-230 ° С протягом 6-24 ч.

У промислових масштабах такий процес реалізований для згрудкування дрібної хромітової руди. В якості кремнеземистої добавки в процесі застосовують пил пічних фільтрів для виплавки сілікохрома, окатиші використовують при виплавці феррохрома. В одному з варіантів такого процесу як добавки до вапна для підвищення в'язучих властивостей композиції застосовують добавку 0,25-1% гідроксиду або карбонатів лужних металів.

Технологія, розроблена Воронежським державним університетом, передбачає використання негашеного вапна, гасіння її в суміші з концентратом. Додаткове введення кремнеземутримуючі компонента не потрібно.

Відповідно до наведеної схеми, здійсненої в дослідно-промисловому масштабі (рис. 8.2), колове вапно дробиться в щекової дробарці, тонко подрібнюється в стрижневий млині, після чого змішується з вологим залізорудним концентратом в двохвальній лопатевому змішувачі і бігунах. Гасіння суміші здійснюють протягом 10-12 год в силосі, аналогічно гасіння вапняно-кварцовою суміші при виробництві силікатної цегли. Через 10-12 год гасіння суміш додатково перемішують валковому змішувачі або в дезинтеграторе, після чого окативають.

Приготовлені окатиші завантажують у вагонетки і запарюють в автоклаві. Застосовуються серійні автоклави, призначені для виробництва силікатної цегли, діаметром 2-3,6 м, довжиною 17-28 м, що працюють при тиску 0,8 - 1,6 МПа. Для виробництва окатишів за такою технологією витрачається 8-17% вапна, міцність отриманих окатишів складає 10-18 МПа / окатиш і залежить від вмісту в концентраті кремнезему, доступного для реакції з вапном.

## 2 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ БЕЗВИПАЛЮВАЛЬНИХ ОБКОТИШІВ НА ЦЕМЕНТНІЙ ЗВ'ЯЗЦІ, ЇХ МЕТАЛІЗАЦІЯ В ОБЕРТАЛЬНІЙ ПЕЧІ ТА ДОМЕННА ПЛАВКА

#### 2.1. Розробка технології одержання безвипалювальних обкотишів

На відміну від високотемпературних способів огрудкування - агломерації і виробництва обкотишів при обкисному чи відновлювальному випалюванні під безвипалювальними розуміють такі способи, в результаті яких зміцнення або формування зв'язки здійснюється за рахунок хімічних реакцій гідратації або карбонізації спеціально підготовлених матеріалів (цементу, вапна) аналогічно процесам, які відбуваються в будівельних матеріалах. Тільки в цьому випадку як заповнювач виступають шихтові матеріали: концентрат, шлами, вапняк, кобксик та ін. Готовий продукт можна одержувати у вигляді обкотишів або брикетів.

Істотним недоліком цих способів є те, що гідрати і карбонати, шкідливі домішки (сірка, цинк, натрієві з'єднання) залишаються в готовому продукті і їх необхідно видаляти в металургійних агрегатах при використанні дорогого кобксу.

Загальна питома вага використання брикетів у світовій практиці не перевищує 2% [95]. Найбільші потужності з брикетування (60-65%) припадають на молоде буре вугілля [96,97].

В залежності від крупності вихідних матеріалів початкове ущільнення і формування здійснюється шляхом огрудкування або пресування. В залежності від властивостей утворених зв'язок, безвипалювальні способи огрудкування класифікують на кілька груп [98].

Зміцнення в повітряно-вологодому середовищі при звичайних температурах відомо в технології сполучних речовин. У методах нормального тверднення найбільшого поширення набули відносно дешеві зв'язки портландцементного типу.

Інтерес до низькотемпературного зміцнення обкотишів і брикетів істотно зріс після пуску в Швеції першої промислової фабрики безвипалювальних залізородних обкотишів, що працюють за способом Гренкольд [98].

Крім залізородних концентратів на цементній зв'язці можна обкусковувати пил і шлами доменних і конвертерних цехів. В якості сполучного при виробництві будівельних виробів запропоновано використовувати мелене негашене вапно [99].

### 2.1.1. Матеріали та методика дослідження.

Спосіб отримання обкотишів на холодній зв'язці передбачає застосування в якості сполучного портландцементу, що дозволяє отримувати обкотиші з необхідною механічною міцністю. Додаток тонкоподрібненого портландцементу з великою питомою поверхнею сприяє підвищенню щільності, оскільки численні дрібні частинки заповнюють простір між більшими частинками доменних шлаків. Число точок взаємного контакту зерен збільшується, а пористість зменшується, завдяки чому механічна міцність обкотишів зростає.

Обкотиші були вироблені в лабораторних умовах на тарільчатому грануляторі діаметром 1 м. Після змішування проба витримувалася протягом 20 хвилин і потім завантажувалася в чашу огрудкувача. Швидкість обертання тарелі становила 18 об. / хв, а її нахил - 45 °. Таріль із завантаженою пробкою оберталася протягом 20 хвилин. Сирі обкотиші розвантажувалися на піддон і витримувалися протягом однієї години. Потім обкотиші завантажувалися в контейнер і витримувалися 24 години, після чого розсіювалися на фракції: 8-10 мм, 10-12 мм, 12-15 мм, 15-20 мм.

У зв'язку з тим, що досліджували вплив добавок портландцементу, вапна і кобксика на зміну міцності гранул, ці компоненти в різних кількостях додавалися до шихти.

Найбільша міцність обкотишів спостерігається при утриманні вапна - 5,0% і вмісті в шихті цементу - 5,0%, кобксика - 3,5%, рис 2.1-2.3. Міцність обкотишів значно знижується при підвищенні вмісту кобксика в шихті, що підтверджується даними, наведеними на малюнку 2.3. При одночасному введенні в шихту цементу і вапна збільшення концентрації вапна в шихті до 6% призводить до збільшення міцності, а при подальшому збільшенні концентрації вапна міцність обкотишів знижується.

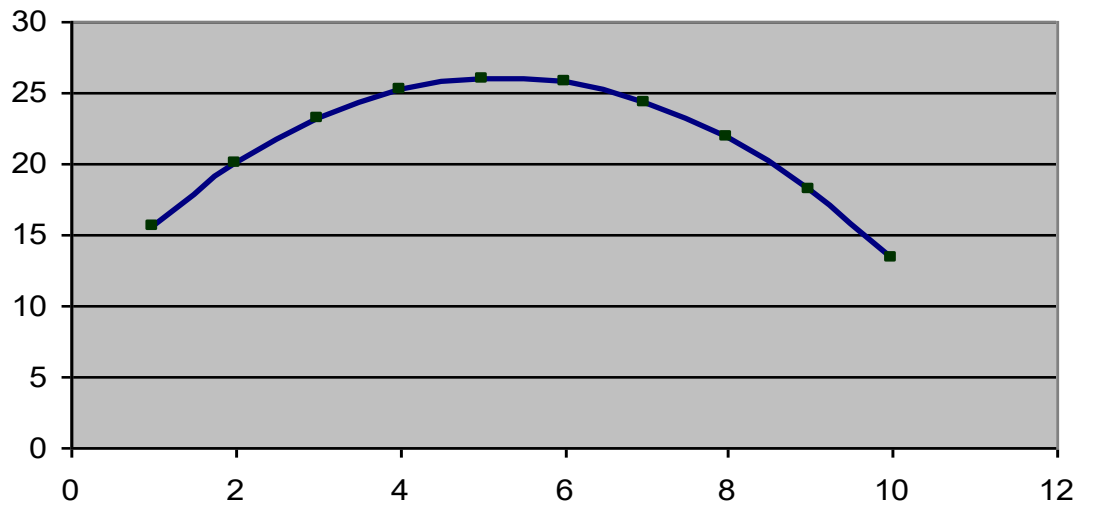


Рис.2.1 Залежність міцності обкотишів від вмісту вапна

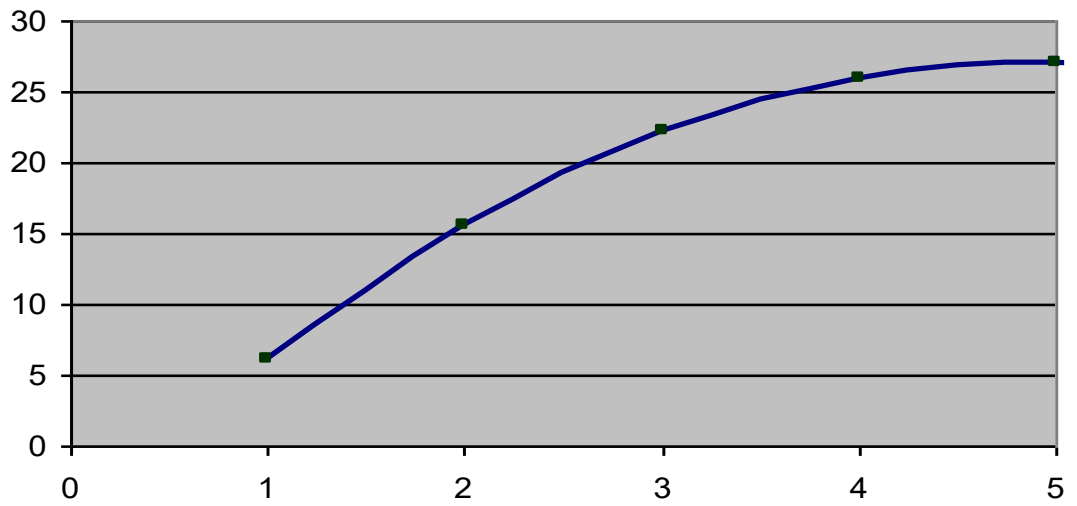


Рис.2.2 Залежність міцності обкотишів від вмісту портландцементу

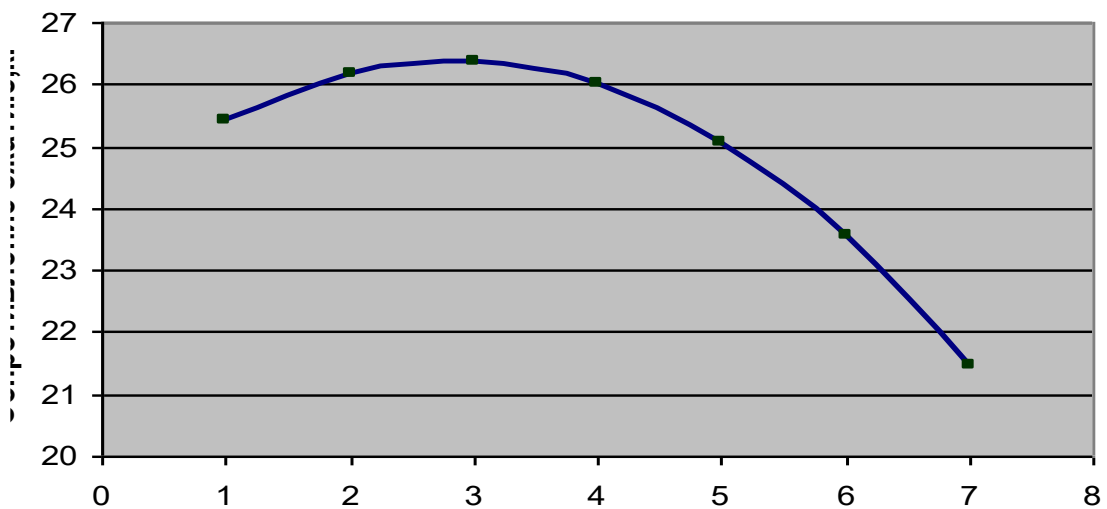


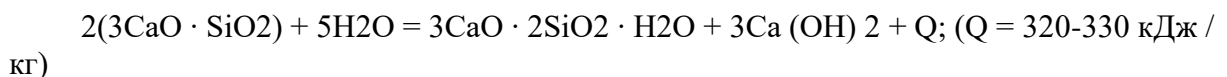
Рис.2.3 Залежність міцності обкотишів від вмісту коксика

Зміцнення обкотишів, що містять у складі портландцемент, відбувається за рахунок твердіння цементу.

Порошок портландцементу, що складається з мономінеральних і полімінеральних часток силікатів кальцію, активно реагує з водою, що міститься в обкотишах.

Основними стадіями процесу гідратаційного твердіння портландцементу є [102]: розчинення кристалів мінералів у воді з утворенням перенасичених водних розчинів, кристалізація з розчинів нових сполук - кристалогідратів, перекристалізація кристалогідратів з утворенням стабільних сполук для даних умов. При цьому важливу роль грають: температура, тиск, хімічний склад системи, співвідношення твердої і рідкої фаз [103,104].

Гідросилікати кальцію утворюються в системі  $\text{CaO-SiO}_2\text{-H}_2\text{O}$  як продукти гідратації безводних трьох або двобкальцієвих силікатів. При гідратації  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  і  $2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  в системі утворюються гідросилікати кальцію і гідрат окису кальцію, тобто цю реакцію гідратації можна назвати інконгруентною:



Реакції гідратації цементних матеріалів є екзотермічними, і взаємодія цементу з водою супроводжується виділенням теплоти. Різні портландцементи при твердінні характеризуються тепловиділенням в наступних межах:

через 3 доби - 113 - 376 Дж / г цементу

через 7 діб - 130 - 418 Дж / г цементу

через 28 діб - 176 - 553 Дж / г цементу

Тепловиділення при твердінні цементів має велике практичне значення. Зокрема в процесі отримання обкотишів на цементній зв'язці при знижених температурах підвищене тепловиділення грає позитивну роль.

У розвиток відомих і наведених вище досліджень закономірностей виділення теплоти при взаємодії цементу з водою були проведені дослідження зміни температури шихтових матеріалів для отримання безвипалювальних обкотишів в суміші з цементом. Вміст цементу М-400 в суміші становив 12%.

Для контролю зміни температури використовували лабораторний ртутний термометр, який поміщали в шар досліджуваного матеріалу. Всі матеріали попередньо витримували при температурі навколишнього середовища. Відлік температур починали з моменту попадання води в цемент. Результати дослідження представлені на малюнку 2.4.

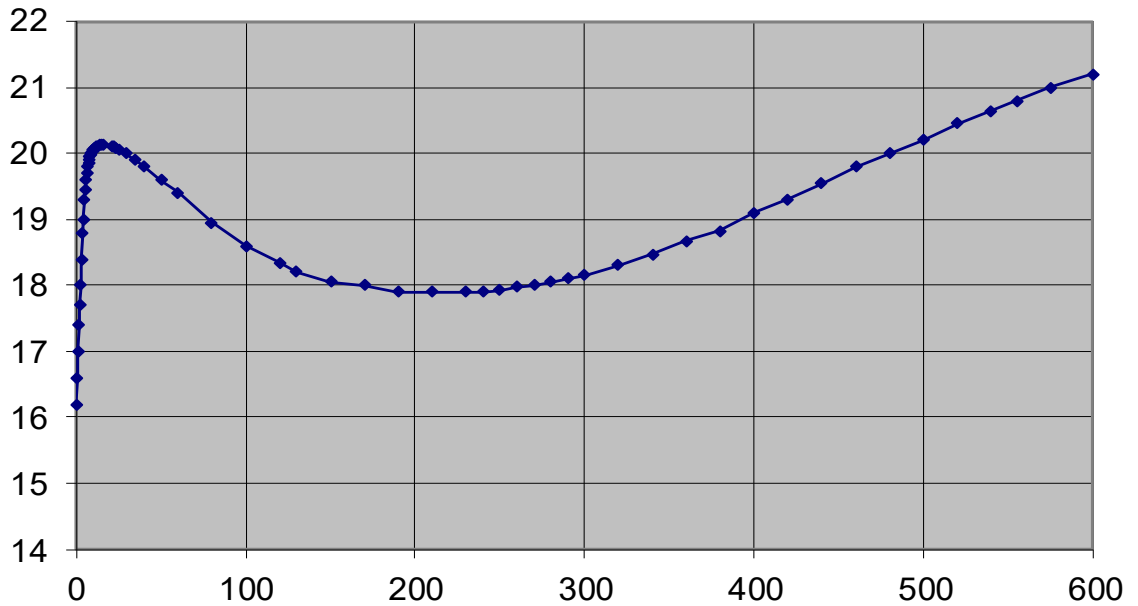


Рис. 2.4. Залежність зміни температури з суміші шихтових матеріалів від часу витримки.

З наведених даних видно, що температура суміші підвищується до 20 °С в перші 3-5 хв взаємодії, а максимальна температура досягається через 10-12 годин витримки і становить 21 °С. Це свідчить про те, що при витримці обкотишів в їх структурі підтримується температура, відповідна нормальному процесу твердіння.

Механізм гідратації цементу включає кілька стадій: частки силікатів кальцію відразу вступають у взаємодію з водою і реагують досить енергійно, про що можна судити по піку на кривій зміни температури (рис.2.4). На цій стадії, в результаті швидкої гідратації поверхневих частинок мінералу, останні покриваються тонкою плівкою з гелів гідратованих сполук, яка ускладнює доступ молекул  $H_2O$  до негідратованої поверхні. Реакція гідратації гальмується і переходить у другу стадію - індукційний період. Миттєва поверхнева реакція змінюється гетерогенно-дифузійним процесом масообміну через утворення на частці оболонку з гідратів.



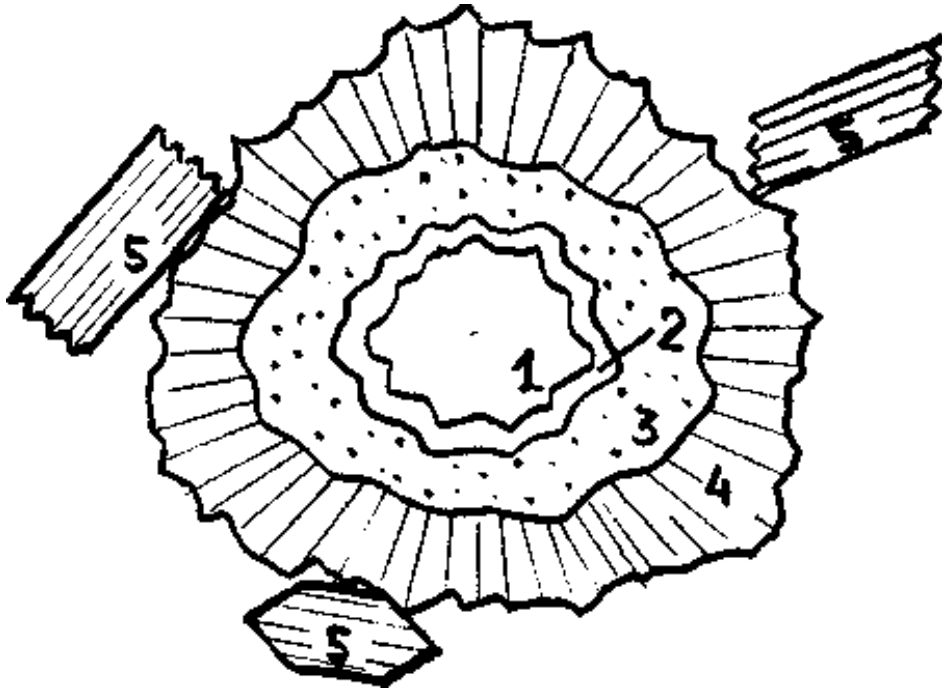
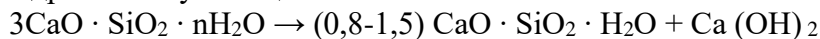


Рис. 2.5. Схематичне зображення реакує з водою зерна  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  [104].

- 1 - негідратоване ядро
- 2 - первинний гідрат  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$
- 3 - вторинні гідросилікати кальцію
- 4 - третинні гідросилікати кальцію
- 5 - обкремі великі кристали.

Протягом індукційного періоду відбуваються процеси зародження і повільного росту кристалів гідросилікатів кальцію і  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . При досягненні цими кристалами певних розмірів плівка руйнується і відкривається доступ води до негідратованої поверхні частинок. З цього моменту настає третій період - прискореної гідратації. В результаті утворення великої кількості кристалогідратів, на поверхні негідратованої частини утворюється оболонка, наслідком чого є зниження швидкості реакції - четверта стадія. Первинним продуктом гідратації  $3\text{CaO} \cdot 2\text{SiO}_2$  є фаза, молекулярне відношення  $\text{CaO} : \text{SiO}_2$  в якій наближається до 3, тобто фаза  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$  [104]. Можливо, що утворення цієї фази є однією з причин виникнення первинної плівки на частинках  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$  і поява індукційного періоду.

Через 2-6 годин  $3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 \cdot x\text{H}_2\text{O}$  розпадається з виділенням  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  вторинного гідросилікату кальцію меншої основності за схемою:



Механізм реакцій гідратації обкремих мінералів у складі цементу в початковий період залишається таким же, як і в індивідуальних системах. В даний час, більшість дослідників розглядають стадію взаємодії кристалів з водою як топохімічну, що супроводжується приєднанням поверхнею кристалів молекул води або іонів  $\text{H}^+$  і  $\text{OH}^-$  з утворенням гідратованого шару невеликої товщини і подальшим переходом частково або повністю гідратованих іонів в розчин [105].

Кінетика реакції гідратації цементу лімітується швидкістю дифузії молекул води і розчинених іонів через шар гідратованих продуктів. На частинках цементу утворюються оболонки, що надають їм пластинчасту форму. Розрив оболонок супроводжується утворенням великої кількості гідросилікатного гелю, що заповнює міжзерновий простір. З крупнокристалічних продуктів гідратації спостерігається  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Таким чином, основу міцності структури тіла із залізовмісних матеріалів і мінеральних сполучних складає каркас із лобкальних ( $10^{-2}$  см) зростків кристалів і гідратних фаз та їх агрегатів, що заповнюють міжзерновий простір, склеєних в точках фазових контактів гелем гідратних новоутворень. Закономірності утворення таких структур дозволяють використовувати їх для регулювання процесів твердіння мінеральних сполучних. Одним із прийомів такого регулювання є збільшення кількості кристалічної фази в обсязі твердіючої системи. Це може бути досягнуто введенням в систему кристалічних інтенсифікаторів, які повинні бути стабільні в даних умовах тверднення і при цьому бути структурними і хімічними аналогами основної маси кристалів гідратних новоутворень. В якості добавок інтенсифікаторів тверднення можна використовувати портландіт -  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , який є однією з основних фаз цементного каменю і збільшення його кількості в твердіючій системі, особливо в ранні терміни твердіння, безсумнівно має сприяти інтенсифікації процесів твердіння структур.

На малюнку 2.1 приведена залежність міцності обкотишів від вмісту вапна в шихті в присутності твердого палива, яке міститься в пилу і шламах доменного виробництва, що використовуються для отримання обкотишів. Необхідно відзначити, що тверде паливо є компонентом шихти, який не бере участі в реакції гідратації, а при твердінні системи знижує її міцність (рис. 2.3). У той же час вапно ( $\text{CaO}$ ) при взаємодії з водою утворює додаткову кількість кристалогідратів, що сприяє збільшенню міцності системи. Таким чином, міцність цементного каменю, як сполучної, що визначає міцність гранули, залежить вирішальним чином від кількості гідратів і суттєво змінюється в присутності добавок, склад яких не відповідає складу цементу, наприклад кобсика та інших, що містять вуглець добавок, які не є аналогами цементу.

Отримані закономірності зміцнення сумішей шихтових матеріалів з цементом були використані для виробництва обкотишів і для подальшої їх металізації в обертовій трубчастій печі. Таким чином, металізовані обкотиші, які будуть використані в доменній печі, розглядаються, як продукт для активації доменного процесу.

Ідея проплавку металізованих матеріалів, в нашому випадку - обкотишів, в доменних печах передбачає зниження витрати вуглецю - відновника за рахунок зниження кількості вуглецю на пряме відновлення і відповідного зниження витрат теплоти на пряме відновлення заліза. Дослідні плавки, проведені в СРСР, США, Канаді та Японії побказали, що на кожні 10% металізації шихти в інтервалі 0-50% приріст продуктивності в різних сировинних умовах склав 4-7%, а зниження витрати коксу - 5-7% [106].

### 2.2.1. Розробка технології зміцнення і металізації залізовмісних обкотишів в обертовій трубчастій печі.

Виробництво безвипалювальних обкотишів на цементній зв'язці лімітується часом, необхідним для набору обкатишами необхідної міцності. Інтенсифікувати процес твердіння деяких сполучних речовин можливо механічною активацією їх поверхні. Для інтенсифікації зміцнення обкотишів були проведені експериментальні дослідження добавок активованих сполучних речовин в шихту. Міцність обкотишів помітно зростає при активації (додатковому подрібненні) суміші з цементом. Виходячи з цього найкращі результати зміцнення обкотишів на цементній зв'язці дає використання механічно активованих сумішей і цементу. На тридцять добу витримки обкотишів з добавкою подрібнених спільно сумішей і цементу міцність на роздавлювання становила  $\sim 145,1$  кг / обк., А для обкотишів з неактивованої сумішшю  $\sim 49,7$  кг / обк. Міцність близько 120 кг / обк. обкотиші з неактивованої суміші досягають тільки на 75 добу (таблиця 2.1). В основу розробленої технології виробництва частково металізованих обкотишів побкладені основні технологічні операції з підготовки до огрудкування. Вологість вихідної суміші змінювалася в інтервалі 22,0-26,0%. Суміш підсушували в обертовому сушильному барабані відхідними газами з трубчастої обертальної

випалювальної печі ( $t_{ог.}$  - 350-400 ° С). Вологість підсушеної шихти становить 8-10%, при якій вона володіла гарною сипучістю.

Технологічна схема включає переміщення шихти конвеєрами, дозування сполучного (цементу), прохід шихти через вальці для руйнування утворених грудок, змішування у двовальному змішувачі та подачу шихти в чашового огрудкувача ( $d$  - 5,5 м) для отримання гранул 15 - 20 мм.

Вміст фракції -100 мкм в суміші шихтових матеріалів знаходилося в інтервалі 65,5 - 71,0%. Витрата портландцементу (М 500) становила 4-6%.

Продуктивність гранулятора становила 10-12 т / год. Вихід класу +8 мм - 85-95%, що характеризує хорошу огрудкувальну здатність суміші шламів. Вологість сирих обкотишів коливалася в інтервалі 11,0-12,5%.

Міцність сирих обкотишів діаметром -15 мм (витрата цементу - 5%) характеризувалася: опором стисненню - 2,66-3,96 кг / обк. і скиданням ( $h$  = 0,5 м) - 3,8-4,6 рази.

Після огрудкування обкотиші розвантажувалися на склад, де витримувалися для набору міцності.

Лабораторними експериментами було встановлено, що для запобігання руйнування сирих обкотишів при завантаженні у обертову трубчасту піч (температура відхідних газів 350-400 ° С) міцність обкотишів повинна складати 30-40 кг / обк. Як побказали подальші дослідження поведінки обкотишів при нагріванні до 1130-1160 ° С по довжині (36 м) обертової печі така міцність забезпечує збереження геометричної форми обкотишів.

Для набору міцності до 30-40 кг / обк. при витраті портландцементу 5% витримка на складі повинна складати 10-12 діб. Після витримки обкотиші завантажувалися у обертову трубчасту піч. Піч обігрівалась природним газом (70-90 м<sup>3</sup> / т обкотишів). Максимальна температура випалу в печі (1130-1160 ° С) контролювалася оптичним пірметром.

При проходженні обкотишів в печі від завантаження (350-400 ° С) до розвантаження відбувається відновлення оксидів заліза з виділенням СО, який допалюється над шаром в струмі вторинного повітря, що подається спеціальним пальником. Відновлений цинк переганяється, обкислюється і у вигляді білого диму видаляється з відхідними газами.

Виходячи з цих результатів, розглядається наступний механізм відновлення: на стадії відновлення всередині гранул мають місце дві реакції:



Реакція є ендотермічною реакцією і активізується при температурі вище 1000 ° С. Коли теплота реакції врівноважується зі швидкістю зовнішнього нагріву, то температура гранул може підтримуватися постійною. У міру використання вуглецю як відновника всередині обкотишів зменшується споживання теплоти, а температура обкотишів підвищується і при основності обкотишів ~ 1,65 відбувається розплавлення його з поверхні, включаючи плавлення пустої породи і непрореагованого оксиду заліза. Тому для запобігання розплавлення обкотишів і утворення настилів на футеровці печі регулювання температури виробляли по температурі на кордоні припинення виділення СО. Цей кордон визначався візуально по зникненню синього полум'я над зсипним шаром обкотишів. Температура, при якій не утворювалися настилі перебувала в інтервалі 1070-1090 ° С, що на 60-70 ° С нижче, ніж було б необхідно за умовами відновлення. Це стало однією з причин низької продуктивності печі за готовими металізованими обкотишами, яка склала 5-7 т / год.

Температура розвантажених металізованих аглообкотишів знаходилася в інтервалі 980-1050 ° С, які охолоджувалися в барабанному охолоджувачі, поверхня якого зрошувалася водою. Температура охолоджених обкотишів - 60-80 ° С. Охолоджені обкотиші складувалися в штабель висотою не більше 1 м для запобігання самозаймання при вторинному обкисленні металевого заліза. Була проведена дослідна партія металізованих аглообкотишів в кількості близько 5000т.

Хімічний склад металізованих аглообкотишів (%):

Fe <sub>заг</sub>	FeO	Fe <sub>мет.</sub>	CaO	SiO <sub>2</sub>	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	C	S	Zn.	Осн.	Fe <sub>мет.</sub> / Fe <sub>заг</sub>
57,0	20,9	21,2	15,7	9,5	0,5	1,65	27,9	0,2	0,13	0,03	1,65	37,2

Фізико-механічні характеристики аглообкотишів (випробування в стандартному барабані): міцність на удар - 80,4% (фракція +5 мм), стирання - 12,1% (фракція - 0,5 мм).

Таблиця 2.3.

Гранулометричний склад:

мм	+40	40-20	20-10	10-5	-5
%	2,0	8,5	55,5	24,2	9,8

Опір стисненню: від 80 кг / обк (крупність 10 мм) до 120 кг / обк (крупність 15мм).  
Відновлюваність аглообкотишів у порівнянні з агломератом визначали при 1000 °С в струмі водню (600см<sup>3</sup>/мін). Ступінь металізації вихідних обкотишів - 37,17%. Кількість кисню, пов'язаного з оксидами заліза - 13,01%.

Таблиця 2.4.

Ступінь відновлення

Проба	Наважка,г	Ступінь відновлення, %	Час відновлення, хв.
Аглообкотиші	12,2	95	30
Агломерат	11,3	88	60

Відновлення аглообкотишів протікало швидко і фактично закінчилося за 25 хвилин, зміна маси в останні 5 хвилин була незначною. В процесі відновлення зразки не розбухали, не розтріскуються і не руйнувалися. Після відновлення міцність обкотишів - 25-35 кг / обк. Як випливає з експериментальних даних, металізація обкотишів призводить до суттєвого підвищення «холодної» міцності при зберіганні і транспортуванні, і особливо «гарячої» міцності при відновно-тепловій обробці в доменній печі. Основне руйнування залізородних матеріалів при відновленні відповідає фазовому переходу «гематит-магнетит». У меншій мірі це відноситься до відновлення магнетиту до вюститу. Отримання металевого заліза суттєво зменшує утворення в доменній печі дрібниці, що в значній мірі сприяє зростанню продуктивності доменної печі.

Міцність металізованих матеріалів залежить як від ступеня металізації, так і від виду технології їх виробництва. У зв'язку з цим щільність шматків може збільшуватися. При відновленні газом міцність металізованої обкотишів збільшується. При відновленні твердим вуглецем ця тенденція зберігається, проте абсолютні значення щільності нижче. У порівнянні з агломератом обкотиші мають велику щільність.

Це має значення при досягненні витрати коксу 250-300кг / т чавуну, коли металізовані обкотиші будуть виконувати функції розпушувача доменної шихти (як кокс).

Як показав досвід промислової експлуатації, найбільш перспективним є суміщення огрудкування з металізацією. Ці два процеси добре поєднуються.

2.2.2. Доменна плавка з використанням металізованих аглообкотишів.

Дослідні доменні плавки з використанням в шихті металізованих аглообкотишів були проведені на ДП № 2 ЗАТ «Донецьксталь - металургійний завод».

Аглообкотиші відвантажували на завод протягом серпень-жовтень 2005р. Дослідний період був обраний з 24 по 31 жовтня після відпрацювання технології доменної плавки в серпні-вересні.

У період дослідної плавки аглообкотиші вводилися в шихту разом агломерату - ПівдГЗК. Заміна агломерату аглообкотишами обумовлена, в основному, економічними міркуваннями. При існуванні різниці в ціні між агломератом ПівдГЗК і обкотишами ЦГЗК (+38,1 грн. / Т) економічно доцільно збільшувати частку обкотишів в шихті. Однак збільшення частки низькоосновних обкотишів з одного бобку призводить до підвищення витрат вапняку з відповідним зростанням витрат коксу, з іншого бобку, це створює певні труднощі в забезпеченні оптимальних властивостей первинних шлаків. Крім того, при збільшенні частки обкотишів зростає протяжність зони розм'якшення шихти, що негативно відбивається на газодинаміці доменного процесу. Тому найбільш технологічною була б заміна частини низькоосновних обкотишів (наприклад, ПівнГЗК) високоосновними аглообкотишами. Причому для поліпшення властивостей первинних шлаків аглообкотиші доцільно завантажувати в піч в суміші з низькоосновними обкотишами.

У таблиці 2.5 представлені середні порівняльні характеристики агломерату ПівдГЗК і аглообкотишів, проплавлених в період дослідних плавок (за даними сировинної лабораторії ЦКЛ підприємства).

Таблиця 2.5.

Хімічний склад агломерату і обкотишів.

Вид сировини	Fe <sub>заг</sub>	FeO	Fe <sub>мет.</sub>	SiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	MnO	Oсн.
ПівдГЗК	54,15	12,8	0	10,0	12,2	0,53	н/д	1,22
Аглообкотиші	55,40	44,0	6,5*	7,7	13,9	0,87	0,34	1,81
Відкл., +/-	+1,25	+31,2	+6,5	-2,3	+1,7	+0,34	-	+0,59

\* Зниження вмісту Fe<sub>мет.</sub> відбулося за рахунок вторинного окислення металізованих аглообкотишів.

Як впливає з даних таблиці 2.5 практично за всіма характеристиками металургійна цінність агломерату ПівдГЗК нижче, ніж металізованих аглообкотишів. Особливо помітна різниця по основності (при цьому, що особливо важливо, у аглообкотишів більш ніж на 2% нижче вміст кремнезему), а також за вмістом металевого заліза (в агломераті воно відсутнє). Як відомо, зі збільшенням вмісту FeO в агломераті збільшуються витрати додаткового тепла на його відновлення до металевого заліза. У визначальній мірі це пов'язано з тим, що практично весь FeO агломерату входить до складу залізокальцієвих олівінів, відновлення заліза з якого відбувається тільки прямим шляхом. В аглообкотишах значна частина FeO утворюється, очевидно, в період охолодження аглообкотишів за рахунок вторинного окислення Fe<sub>мет.</sub>, який утворився при випалюванні аглообкотишів. Відновлення цього FeO відбувається в зоні непрямого відновлення за рахунок CO горнового газу ( $FeO + CO = Fe + CO_2$ ), причому розвиток реакції газифікації вуглецю ( $C + CO_2 = 2CO$ ) тут значно нижче, ніж у високотемпературних зонах печі. Це підтверджується дослідями по визначенню ступеня відновлення агломерату і аглообкотишів (ступінь відновлення у аглообкотишів в 2,2 рази вище, ніж у агломерату).

Витрата аглообкотишів в шихту становила 2 т / подачу (118 кг / т чавуну).

Основні показники, роботи печі в базовому і дослідному періодах представлені в таблиці 4.10. За базовий було прийнято період роботи печі з 3 по 23 жовтня, причому для отримання більш достовірних показників роботи печі були виключені дні проведення ППР (5 і 19 жовтня). Наведені значення витрати коксу і продуктивності печі розраховували з використанням коефіцієнтів пофакторного аналізу, що містяться в

заводській технологічній інструкції. Продуктивність печі в базовому періоді приводили до умов дослідного періоду.

Як впливає з таблиці 2.6, використання аглообкотишів позитивно відбилося на показниках роботи печі. Продуктивність, витрата коксу, витрата вапняку добре кореспондуються з витратою аглообкотишів. Отримана економія коксу в дослідному періоді (абсолютна 5 кг / т, і 7,5 кг / т приведена або 1,85%), очевидно, пов'язана зі зниженням витрат вуглецю на відновлення оксидів заліза, що обумовлено більш високою відновлюваністю аглообкотишів, а також наявністю в їх складі відновленого до  $Fe_{мет}$  заліза. Ці чинники мали основний вплив і на зростання інтенсивності плавки по «руді», що дозволило підвищити продуктивність печі. Хід печі в період дослідних плавок залишався практично на тому ж рівні, що і в переддослідному (базовому) періоді. При цьому необхідно зазначити, що в дослідному періоді було відзначено збільшення температури за показаннями периферійних термопар, встановлених у футеровці нижньої частини шахти печі. Це пов'язано з тим, що аглообкотиші завантажувалися в піч першими рудним скипом спільно з агломератом (робоча система завантаження печі АККО) і додаткова кількість  $FeO$ , внесеного аглообкотишами, підвищувала як рухливість первинних шлаків, так і активно взаємодіяла з вуглецем гарнісажу в цій зоні печі. Аналіз роботи доменної печі показав зниження витрати вуглецю на пряме відновлення (зниження витрати коксу). Це стало можливим завдяки вмісту в шихті металевого заліза, а не просто відновленого.

Численні лабораторні дослідження показали, що металізовані матеріали, у порівнянні зі звичайними мають меншу відновлюваність і більш низьку швидкість відновлення.

На відміну від відомих даних дослідні обкотиші мали вищу відновлюваність в порівнянні з окисленим агломератом. Це пояснюється тим, що Металізовані обкотиші ( $\approx 37\%$ ) мали основність  $\approx 1,6$ , що природно поліпшило процес відновлення.

Збільшення питомої кількості газу-відновника призводить до того, що склад газу в печі в міру металізації шихти все більше віддаляється від рівноважного і його окислення падає. Різке зниження кількості окисленого заліза призводить, таким чином, до зменшення вмісту двоокису  $CO_2$  в газі.

При плавці на металізованій шихті істотно змінюється характер теплообміну в печі.

Аналіз теплових балансів плавки підтверджує, що скорочення витрат коксу при використанні металізованих матеріалів відбувається в основному в результаті зниження витрати тепла на відновлення оксидів заліза.

Таблиця 2.6.

Показники роботи ДП № 2 в базовий і дослідний період.

Показники	База	Дослід	Різниця Б-О	ΔК, кг/т	ΔП, т/доб
Тривалість, доб	19	8			
Простої, %	0,22	0,95	+0,73	+1,5	-23,0
Тихий хід, %	0,11	0,26	+0,15	+0,3	-3,2
Продуктивність, т/доб	2101	2162	+61		
Витрата коксу сухого, кг/т	407	402	-5	-1,8	
Витрата ПУТ, кг/т	127	129	+2	+7,2	
Витрата ПГ, м <sup>3</sup> /т	67	58	-9	-1,1	+10,1
Вихід шлаку, кг/т	378	380	-8	-0,5	+10,7
Тиск під колошн., КПа	115	121	+6		
Витрата ЖРС:					
Обкотиші ПівнГЗК, кг/т	978	983	+5		
Агломерат ПівдГЗК, кг/т	685	552	-133		
Руда залізна, кг/т	1	1	0		
Аглообкотиші, кг/т	0	118	+188		
Всього:	1665	1654	-10		
Витрата вапняку, кг/т	145	134	-11	-2,2	+12,3
Склад чавуна:					
Si, %	0,8	0,74	-0,06	-2,9	+15,1
Mn, %	0,11	0,13	+0,02	+0,9	-5,0
S, %	0,029	0,031	+0,02	+1,1	-4,6
Приведена витрата коксу, кг/т	409,5	402	-7,5	+2,5	
Приведена продуктивність, т/доб.	2110	2162	+52		+9,0

При роботі печі на окислених офлюсованих обкотишах і агломераті зона «критичних», з точки зору подальшого зниження витрати коксу, температур відповідає 1000-1200 ° С, тобто галузі відновлення оксидів заліза твердим вуглецем. Розрахунок зональних балансів, що дозволяє визначити, зону печі, показав, що при проплавці металізованої шихти підвищеного ступеня металізації (40% і більше) зона критичних температур зміщується вниз. Тому при проплавці металізованої шихти підвищеного ступеня металізації всі заходи, що забезпечують концентрацію тепла в горні (застосування кисневого дуття, нагрів дуття тощо), будуть сприяти зростанню ефективності застосування металізованої сировини [107].

Використання металізованої сировини позначається також на газодинаміці доменної плавки: Металізовані на 40-50% обкотиші в доменній печі не розбухають і практично не руйнуються, що пояснюється наявністю в структурі обкотишів міцного металевого каркаса. Разом з тим, при заміні агломерату металізованими обкотишами, спостерігається збільшення газодинамічного опору шихти, що пояснюється зменшенням частки коксу в шихті.

Однак схід матеріалів в печі при цьому не тільки не погіршується, а швидше навіть поліпшується [107]. Зона первинного шлакоутворення скорочується, а рівень її знижується. Все це зменшує область пластичного стану, полегшує рух газового потоку та його розподіл по перетину печі і в результаті призводить до помітного росту продуктивності печі.

## Висновки

1. Були отримані обкотиші на холодній зв'язці з використанням в якості сполучних речовин портландцементу та вапна.
2. Визначено компоненти шихти, які надають максимальний вплив на процес зміцнення (цемент, вапно, паливо). Найбільша міцність обкотишів спостерігається при утриманні вапна ~ 5%, цементу ~ 5%, коксика ~ 3,5% і становить 26-27 кг / обкотиш (фракція 10-12 мм).
3. Розглянуто механізм тверднення і вплив на процес тверднення цементного каменя домішок, склад яких відповідає і не відповідає складу цементу (тверде паливо). Доведено, що добавки твердого палива знижують характеристики міцності безвипалювальних обкотишів на холодній зв'язці, тому що тверде паливо не є аналогом цементу.
4. Розроблено технологію виробництва металізованих аглообкотишів в обертовій трубчастій печі. Досягнуто ступінь металізації 37,2%. Досліджено металургійні властивості аглообкотишів, які перевершують агломерат.
5. Проведена доменна плавка з використанням в шихті аглообкотишів в кількості 7% від загальної витрати залізорудної сировини, що дозволило понизити витрату коксу на 1,8%, підвищити продуктивність доменної печі на 2,5%.



### 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

#### 1. Вихідні данні для розрахунку

- 1 Хімічний склад компонентів шихти, для розрахунку окатишів.
- 2 Співвідношення флюсових складових у флюсовій суміші: вапняк –80%;  
Доломитизований вапняк –20 %.
- 3 Співвідношення паливних складових в паливній суміші: коксовий дріб'язок – 20%;  
антрацитовий штиб –80%.
- 4 Питомі витрати вуглецю паливної суміші на 1000 кг окатишів – 5.5кг/т.
- 5 Питомі витрати бентонітової глини –8.0кг/т.
- 6 Вміст FeO в окатишах – 3,5
- 7 Основність  $\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}$  обкотишів –0.8 д.ед.
- 8 Степінь десульфурації шихти –76%.
- 9 Річна виробнича потужність фабрики окатишів – 4,5 млн. т

#### 2. Розрахунок питомих витрат компонентів шихти

- 1 Хімічний склад компонентів шихти

Таблиця 3.1

## Хімічний склад компонентів шихти

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
1.Залізорудний концентрат	66.23	0.037	0.016	0.371	26.34	65.35	6.34	0.18	0.33
2.Вапняк	0.77	0.008	-	0.020	0.18	0.90	1.99	0.09	53.51
3.Доломитизований вапняк	0.43	0.054	0.010	0.024	0.25	0.34	0.89	0.20	37.00
4.Зола коксового дріб'язку	19.30	0.970	0.179	1.149	-	27.57	39.41	23.70	3.45
5.Бентонітова глина	4.40	0.105	0.065	0.126	-	6.28	59.36	16.73	2.84
6.Зола антрацитового штиба	17.40	1.150	0.160	0.849	-	24.86	43.42	15.78	8.82

Продовження таблиці 3.1

Компоненти	Вміст компонентів, %							Вміст т волог и, %
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окис лів	
1.Залізорудний концентрат	0.08	0.055	0.037	0.928	147	0.220	100.00	10.3
2.Вапняк	0.70	0.010	-	0.050	0.150	42.21	100.00	2.8
3.Доломитизований вапняк	15.50	0.070	0.030	0.060	1.240	44.49	100.00	3.8
4.Зола коксового дріб'язку	1.34	1.250	0.410	2.870	-	-	100.00	-
5.Бентонітова глина	3.25	0.136	0.148	0.314	3.782	7.16	100.00	23.8
6.Зола антрацитового штиба	3.15	1.480	0.359	2.119	-	-	100.00	-

Таблиця 3.2

## Технічний аналіз твердого палива

Компонент	Вміст вологи, %	Вміст компонентів, %				
		зола	Сірка горюча	Летучі	Вуглець горючий	∑окислів
Коксовий дріб'язок	3.67	13.52	0.55	1.17	84.76	100.00
Антрацитовий штиб	5.70	14.60	1.50	6.10	77.80	100.00

### 2 Розрахунок хімічного складу твердого палива

Хімічний склад коксового дріб'язку розраховується, використовуючи данні хімічного складу золи та технічного аналізу коксового дріб'язку. Без змін в хімічний склад твердого палива переходять з технічного аналізу горюча сірка, летучі та вуглець горючий. Також необхідно врахувати, що горюча сірка та летучі входять до ППП. Компоненти хім. складу золи перераховуємо до складу твердого палива пропорційно кількості в ньому золи. Розрахований хімічний склад коксового дріб'язку в таблиці 3.3.

Таблиця 3

### Хімічний склад твердого палива

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Коксовий дріб'язок	2.6093	0.169	0.0242	0.1553	-	3.7274	5.3282	3.2042	0.4664
Антрацитовий штиб	2.5404	0.1679	0.0233	0.1239	-	3.6295	6.3393	2.3038	1.2877

Продовження таблиці 3.3

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	C <sup>c</sup> <sub>Г</sub>	Інші	ППП		∑окислів
							S <sup>c</sup> <sub>Г</sub>	Летучі	
Коксовий дріб'язок	0.1811	0.169	0.0554	0.388	84.76	0.0412	0.55	1.17	100.0
Антрацитовий штиб	0.4599	0.2161	0.524	0,0339	77.80	-	1.50	6.10	100.0

### 3 Розрахунок середньозважених складів сумішей

Розрахунок середньозважених складів рудної, флюсової та паливної сумішей виконують, використовуючи хім. склад компонентів шихти, які входять в ці суміші та задану кількість цих компонентів. Середньозважений хім. склад рудної, флюсової та паливної сумішей в таблиці 3.4, 3.5 та 3.6.

Таблиця 3.4

### Середньозважений хімічний склад рудної суміші

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Залізорудний концентрат	66.23	0.037	0.016	0.371	26.34	65.35	6.34	0.18	0.33

Продовження таблиці 3.4

Компоненти	Вміст компонентів, %						
	Mg O	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів
Залізорудний концентрат	0.08	0.048	0.037	0.928	0.147	0.220	100.00

Таблиця 3.5

Середньозважений хімічний склад компонентів шихти

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	Feo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
Вапняк ×0.8	0.616	0.0064	-	0.016	0.144	0.72	1.592	0.072	42.808
Доломитизований вапняк ×0.2	0.086	0.0108	0.002	0.0048	0.05	0.068	0.178	0.04	7.4
Флюсова суміш	0.702	0.0172	0.002	0.0208	0.194	0.788	1.77	0.076	50.208

Продовження таблиці 3.5

Компоненти	Вміст компонентів, %						
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів
Вапняк ×0.8	0.56	0.008	-	0.04	0.012	33.936	80.0
Доломитизований вапняк ×0.2	3.1	0.014	0.006	0.012	0.248	8,898	20.0
Флюсова суміш	3.66	0.022	0.006	0.052	0.26	42.834	100.0

Таблиця 3.6

Середньозважений хімічний склад твердого палива

Компоненти	Вміст компонентів, %								
	Fe <sub>общ</sub>	Mn	P	S <sub>общ</sub>	Feo	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
коксівий дріб'язк ×0.2	0,5218	0,0338	0,0048	0,031	-	0,7454	1,0656	0,6408	0,0933
антрацитовий штиб ×0.8	2,0323	0,1343	0,0991	0,0991	-	2,9036	5,0714	1,843	1,0301
суміш твердого палива	2,5542	0,1681	0,1039	0,1301	-	3,649	6,137	2,4838	1,1234

Продовження таблиці 3.6

Компоненти	Вміст компонентів, %								Σоки слів
	MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	C <sub>Г</sub>	Інші	ППП		
							S <sub>Г</sub> <sup>c</sup>	Летучі	
коксівий дріб'язк ×0.2	0,036	0,033	0,011	0,0776	16,952	0,0082	0,11	0,234	20.0
антрацитовий штиб ×0.8	0,367	0,1728	0,4192	0,0271	62,24	-	1,2	4,88	80.0
суміш твердого палива	0,404	0,2066	0,4302	0,1047	79,192	0,0082	1,31	5,114	100.0

#### 4 Розв'язання рівнянь матеріального балансу та основності

Для розв'язання рівняння матеріального балансу розраховуємо середньозважені, коефіцієнти виходу обпаленої маси з сухої маси кожного компонента шихти ( $K^0$ ) та середньозважений приріст (+) або втрати (-) маси від окислення або відновлення окислів заліза ( $O_2^0$ ).

$$K^0 = 0.01 \cdot (100 - \eta_s \cdot S_{\text{общ}}^0 - C_{\text{Г}}^0 - \eta_{\text{ппп}} \cdot \text{ППП}^0 - \text{MnO}_2^0 \cdot \frac{16}{87}), \text{ д.ед.}$$

Де

$S_{\text{общ}}^0, C_{\text{Г}}^0, \text{ППП}^0, \text{MnO}_2^0$  – середньозважений вміст відповідно загальної сірки, горючого вуглецю, ППП та окислів марганцю в компонентах шихти, %

$\eta_{\text{ппп}}, \eta_s$  – прийняті степені видалення, відповідно, ППП та сірки, д.ед.

$$K_{\text{p}}^0 = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.371 - 0 - 0.220) = 0.9944$$

$$K_{\text{ф}}^0 = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.0208 - 42.834) = 0.5714$$

$$K_{\text{т}}^0 = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.1301 - 5,114 - 79.192) = 0.1557$$

$$K_{\text{б}}^0 = 0.01 \cdot (100 - 0.9 \cdot 0.314 - 7.16) = 0.9255$$

$$O_2^0 = \frac{1}{9} \cdot \left( \frac{P_{\Sigma} \times \text{FeOp}}{100} + \frac{\Phi_{\Sigma} \times \text{FeOcp}}{100} + \frac{T_{\Sigma} \times \text{FeOt}}{100} + \frac{B_{\Sigma} \times \text{FeOb}}{100} - \text{FeO}^0 \right), \text{ кг/т обкотишів}$$

де

$\text{FeO}^0$  – середньозважений вміст закиси заліза в сумішах компонентів шихти та обкотишів, %

$$O_2^0 = \frac{1}{9} \cdot \left( (P_{\Sigma} \cdot 26,36)/100 + (\Phi_{\Sigma} \cdot 0,194)/100 + (T_{\Sigma} \cdot 0)/100 + (6,5 \cdot 0)/100 - 3,5 \right) = 0.0878P_{\Sigma} + 0.0002\Phi_{\Sigma} - 0.3889$$

Складаємо рівняння матеріального балансу:

$$1000=0.9944P_{\Sigma}+0.5714\Phi_{\Sigma}+0.1557T_{\Sigma}+0.0878P_{\Sigma}+0.0002\Phi_{\Sigma}-0.3889+0.9255B_{\Sigma}$$

Після спрощення рівняння виходить:

$$1000.3889=1.0822P_{\Sigma}+0.5716\Phi_{\Sigma}+0.1557T_{\Sigma}+0.9255B_{\Sigma}$$

Складаємо рівняння балансу основності:

$$0.8=(0,41 P_{\Sigma}+53,868 \Phi_{\Sigma}+1,5274 T_{\Sigma}+6,0900*8)/(6,49 P_{\Sigma}+1,846 \Phi_{\Sigma}+8,6208 T_{\Sigma}+76,0900B_{\Sigma})$$

$$7,139P_{\Sigma}+2,0306\Phi_{\Sigma}+9,4828T_{\Sigma}+669.592=0.34100P_{\Sigma}+53,868\Phi_{\Sigma}+1,5274T_{\Sigma}+48,72$$

Після спрощення рівняння виходить:

$$6,729P_{\Sigma}-51,837\Phi_{\Sigma}+7,955T_{\Sigma}= - 620.872$$

Таким чином, отримуємо систему 2-х рівнянь з 3-ма невідомими:

$$1.0822P_{\Sigma}+0.5716\Phi_{\Sigma}+0.1557T_{\Sigma}+0.9255B_{\Sigma}=1000.3889$$

$$6,729P_{\Sigma}-51,837\Phi_{\Sigma}+7,955T_{\Sigma}= - 620.872$$

Визначимо питомі витрати паливної суміші з наступних розрахунків

$$T_{\Sigma}=5.5/0.7919= 6.9453$$

Підставимо отримане значення  $T_{\Sigma}$  в систему двох балансових рівнянь, спростимо їх, та отримаємо:

$$1.0822 P_{\Sigma}+0.516 \Phi_{\Sigma}=991.9035$$

$$6,729P_{\Sigma}-51,837\Phi_{\Sigma}=-676.122$$

$$\Phi_{\Sigma}=124.338$$

$$P_{\Sigma}=927.745$$

Знаючи співвідношення компонентів шихти в кожній з сумішей, ми можемо визначити їх питомі витрати (таблиця 3.7)

Таблиця 3.7

Питомі витрати компонентів шихти

Компоненти шихти	Позначення	Питомі витрати, кг/т обкотишів
Залізорудний концентрат	$P_{з.к.}$	927.745
Вапняк	$\Phi_{в}$	99.4704
Доломитизований вапняк	$\Phi_{дв}$	24.8676
Коксовий дріб'язок	$T_{кд}$	1,389
Антрацитовий штиб		5,556
Бентонітова глина	$B$	8.0
Усього сухої шихти	$G_{ш}$	1067.028

### 3.Розрахунок хімічного складу окатишів

1 Для розрахунку хім.. складу обкотишів необхідно розрахувати масу окислів, які вносяться в обкотиш з кожним компонентом шихти, також треба врахувати степінь видалення відповідних окислів та елементів. Маса розраховують, використовуючи питомі витрати компонентів шихти та вміст в ньому розрахункового елементу або окислу.

$$Fe_{\text{общ}}=927.745 \cdot 0.6623+99.4704 \cdot 0.0077+24.8676 \cdot 0.0043+1,389 \cdot 0.193+5,556 \cdot 0,174+8,0 \cdot 0.00440 \\ =616,5883 \text{ кг}$$

$$S_{\text{общ}}=927.745 \cdot 0.00371+99.4704 \cdot 0.0002+24.8676 \cdot 0.00024+1,389 \cdot 0.00149+ 5,556 \cdot 0,00849 + \\ 8,0 \cdot 0.00126= 3,527 \text{ кг}$$

$$FeO=927.745 \cdot 0.2634+99.4704 \cdot 0.0018+24.8676 \cdot 0.0025=244,6092 \text{ кг}$$

$$Fe_2O_3=927.745 \cdot 0.6535+99.4704 \cdot 0.009+24.8676 \cdot 0.0034+1,389 \cdot 0.2757+5,556 \cdot \\ \cdot 0.2486+8.0 \cdot 0.0628= 590.973 \text{ кг}$$

$$SiO_2=927.745 \cdot 0.0634+99.4704 \cdot 0.0199+24.8676 \cdot 0.0089+1,389 \cdot 0.3941+5,556 \cdot \\ 0.4342+8.0 \cdot 0.5936= 68.7284 \text{ кг}$$

$$Al_2O_3=927.745 \cdot 0.0018+99.4704 \cdot 0.0009+24.8676 \cdot 0.002 + 1,389 \cdot 0.2370 + 5,556 \cdot \\ 0.1578+8.0 \cdot 0.1673= 4.3535 \text{ кг}$$

$$CaO=927.745 \cdot 0.0033+99.4704 \cdot 0.5351+ 24.8676 \cdot 0.37 + 1,389 \cdot 0.0345 + 5,556 \cdot 0.0882 + \\ 8.0 \cdot 0.0284 = 93.8092 \text{ кг}$$

$$MgO=927.745 \cdot 0.0008+99.4704 \cdot 0.007+24.8676 \cdot 0.155 + 1,389 \cdot 0.0134 + 5,556 \cdot \\ 0.0315+8.0 \cdot 0.0325 = 5.7465 \text{ кг}$$

$$MnO=927.745 \cdot 0.00048+99.4704 \cdot 0.00010+24.8676 \cdot 0.0007+1,389 \cdot 0.0125+ 5,556 \cdot \\ 0.0148+8.0 \cdot 0.00136= 0.5831 \text{ кг}$$

$$P_2O_5=927.745 \cdot 0.00037+24.8676 \cdot 0.0003+1,389 \cdot 0.0041+ 5,556 \cdot 0.00359+8.0 \cdot 0.00148= 0.3882 \text{ кг}$$

$$SO_3=927.745 \cdot 0.00928+99.4704 \cdot 0.0005+24.8676 \cdot 0.0006+1,389 \cdot 0.0.0287+ 5,556 \cdot \\ 0.02119+8.0 \cdot 0.00314= 8.8568 \text{ кг}$$

$$C^c=6.9453 \cdot 0.7919=5.5 \text{ кг}$$

$$\text{Інші} = 927.745 \cdot 0.00147 + 99.4704 \cdot 0.0015 + 24.8676 \cdot 0.0117 + 8.0 \cdot 0.03782 = 2.1064 \text{ кг}$$

$$\text{ППП}=927.745 \cdot 0.0022+99.4704 \cdot 0.4242+24.8676 \cdot 0.4449 + 8.0 \cdot 0.0716 = 55.8727 \text{ кг}$$

2 Розрахунок маси елементів та окислів, які переходять в обкотиш з шихти після хімічних реакцій визначаються за допомогою степені їх переходу в окатиш .

Приймаємо степінь десульфурації шихти – 76%, степінь видалення ППП - ,степінь вигорання вуглецю горючого шихти – 100%

Маса окисленої (-) або відновленої (+) закиси заліза (FeO):

$$G_{FeO}=1000 \cdot 0.055-244,6092 = - 189.6092 \text{ кг}$$

Відповідно, маса Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, яка виникла підчас окислення FeO (+) або втратила на відновлення необхідної кількості FeO (-):

$$G_{Fe_2O_3}=(189.6092 * 160)/144=200.676 \text{ кг}$$

Маса загальної сірки (S<sub>общ</sub>):

$$G_{S_{\text{общ}}}=(3.527*81)/100=2.856 \text{ кг}$$

Маса ППП:

$$G_{\text{ППП}}=(55.8727*95.8)/100 =53.5260 \text{ кг}$$

Маса вуглецю горючого (C<sub>г</sub>)б

$$G_C=(5.5*100)/100=5.5 \text{ кг}$$

$$G_{SO_3}=(8.8568 * 81)/100=7.174 \text{ кг.}$$

Результати виконаних розрахунків зносимо до таблиці 3.8.

Хімічний склад окатишів заносимо до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Хімічний склад окатишів						
Вміст компонентів, %						
Fe <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO
61.107	0.063	5.451	80.146	6.560	0.328	6.534

Продовження таблиці 3.9

Вміст компонентів, %						
MgO	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	Σокислів
0.553	0.049	0.039	0.152	0.210	0.256	100.0

Перевіряємо основність розрахованого окатишу:

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2+Al_2O_3}=8.09 \text{ д.ед.}$$

$$\frac{CaO+MgO}{SiO_2}=7.97 \text{ д.ед.}$$

$$\frac{CaO}{SiO_2}=0.79 \text{ д.ед.}$$

Вибір технологічного обладнання для цеху виробництва окатишів

1. Розрахунок погодинного виробництва цеху при річній потужності 4500000 т/рік готових окатишів виконується за формулою:

$$P_o = \frac{G}{\eta \cdot 365 \cdot 24}, \text{ т/год}$$

де G – річне виробництво окатишів, т/рік

P<sub>o</sub> – погодинне виробництво окатишів цехом, т/год

η – коефіцієнт використання обладнання – відношення робочого часу до календарного, д.ед. (приймаємо 0.9)

365 – календарна кількість днів в рік

24 – кількість годин в добі

$$P_o = 4500000 / (0.9 \cdot 365 \cdot 24) = 570.776 \text{ т/год}$$

2. Розрахунок погодинної потреби у компонентах шихти



Розрахунок виконується ,використовуючи питомі витрати (на 1 т окатишів) кожного з компонентів шихти вихідної вологи, яка знаходиться в розрахунку шихти.

$$P_{ЗК}=570.776 \cdot 1.039593=593.3747 \text{ т/год}$$

$$P_{В}=570.776 \cdot 0.103788=59.2396 \text{ т/год}$$

$$P_{ДВ}=570.776 \cdot 0.026201=14.9549 \text{ т/год}$$

$$P_{КД}=570.776 \cdot 0.001581=0.9023 \text{ т/год}$$

$$P_{АШ}=570.776 \cdot 0.005915=3.3761 \text{ т/год}$$

$$P_{Б}=570.776 \cdot 0.01005=5.7362 \text{ т/год}$$

### 3.Розрахунок необхідної кількості бункерів для компонентів шихти

Розрахунок виконується, використовуючи погодинні потреби в компоненті шихти та прийнятого нормативного його запасу в бункерах.

$$n = \frac{P \cdot \tau}{\gamma \cdot V_{Б} \cdot 0.85},$$

де  $P$  – погодинна потреба в компоненті шихти, т/год

$\tau$  – прийнятий нормативний запас компонента шихти в бункерах(4-10 год), год

$V_{Б}$  – об'єм стандартних бункерів (100, 130, 200) м<sup>3</sup>

0.85 – степінь заповнення бункерів, д.ед.

$\gamma$  – насипна маса компонента шихти, т/м<sup>3</sup>.

1 Кількість бункерів для залізородного концентрату:

$$n_{ЗК}=(593.3747 \cdot 8)/(2.23 \cdot 200 \cdot 0.85) =12.52$$

Приймаємо 14 бункерів.

2 Кількість бункерів для вапняку:

$$n_{В}=(59.2396 \cdot 8)/(1.51 \cdot 200 \cdot 0.85) =1.84$$

Приймаємо 2 бункера.

3 Кількість бункерів для доломитизованого вапняку:

$$n_{ДВ}=(14.9549 \cdot 8)/(1.56 \cdot 200 \cdot 0.85) =0.45$$

Приймаємо 2 бункера.

4 Кількість бункерів для коксового дріб'язку:

$$n_{КД}=(0.9023 \cdot 8)/(0.63 \cdot 200 \cdot 0.85)=0.06$$

Приймаємо 2 бункерів.

5 Кількість бункерів для антрацитового штибу:

$$n_{АШ}=(3.3761 \cdot 8)/(0.61 \cdot 200 \cdot 0.85)=0.26$$

Приймаємо 2 бункерів.

5 Кількість бункерів для бентонітової глини:

$$n_{Б}=(5.7362 \cdot 8)/(0.93 \cdot 200 \cdot 0.85)=0.291$$

Приймаємо 2 бункера.

4.Розрахунок кількості дробарок або млинів для підготовки за крупністю флюсів, твердого палива та бентонітової глини

Кількість молоткових дробарок або млинів розраховуємо за формулою:

$$n = \frac{P_{\text{в}} + P_{\text{дв}}}{q},$$

$$n = \frac{P_{\text{кд}}}{q},$$

$$n = \frac{P_{\text{б}}}{q},$$

де  $P_{\text{в}}, P_{\text{дв}}, P_{\text{кд}}, P_{\text{б}}$  – погодинна потреба, відповідно, вапняку, доломітизованого вапняку, коксового дріб'язку та бентонітової глини, т/год

$q$  – виробнича спроможність дробарки, т/год

Після розрахунку кількості дробарок або млинів, приймаємо на одну дробарку більше для забезпечення резерву під час ремонту.

1 Для дроблення флюсів використовуємо молоткову дробарку ДМРИЭ1450×1300.

$$n_{\text{др ф}} = (52.2396 + 14.9549) / 250 = 0.27$$

Приймаємо 3 дробарки ДМРИЭ1450×1300.

2 Кількість чотирьохвалкових дробарок для твердого палива:

$$n_{\text{др тв. п}} = (0.9023 + 3.3761) / 16 = 0.27$$

Приймаємо 3 чотирьохвалкових дробарок 900×700

3 Кількість молоткових дробарок типа СМД-102 для бентонітової глини:

$$n_{\text{др б}} = 5.7362 / 250 = 0.023$$

Приймаємо 3 молоткових дробарки типа СМД-102.

5. Вибір та розрахунок обладнання для термообробки сирих окатишів

1 Сумарна площа термообробки розраховується за формулою:

$$S_{\Sigma} = \frac{P_o}{q}, \text{ м}^2$$

де  $S_{\Sigma}$  - сумарна площа машини,  $\text{м}^2$

$P_o$  – погодинне виробництво обкотишів, т/год

$q$  – питома виробнича спроможність машини,  $\text{т}/\text{м}^2 \cdot \text{год}$

$$S_{\Sigma} = 570.776 / 0.911342 = 626.303 \text{ м}^2$$

2 Вибираємо обпалювальні машини ОК-250, площа спікання  $520 \text{ м}^2$ . Кількість машин розраховуємо за формулою:

$$N_o = \frac{S_{\Sigma}}{S_m}$$

де  $N_o$  – кількість машин

$S_m$  – корисна площа вибраної машини,  $\text{м}^2$

$$N_o = 626.303 / 520 = 1.204$$

Приймаємо 2 обпалювальні машини.

Розраховуємо погодинну виробничу спроможність машини:

$$P_m = S_m \cdot q, \text{ т/год}$$

$$P_m = 520 \cdot 0.911342 = 473.8978 \text{ т/год}$$

6. Вибір та розрахунок огрудкувачів

Згідно розрахунку шихти для отримання 1009.03кг окатишів використовується 1189.061кг сирих окатишів. Коефіцієнт виходу 1 т окатишів складає:

$$K=1009.03/1189.061=0.8485$$

Кількість шихти, яка забезпечує погодинне виробництво окатишів однієї машини:

$$P_{ш}=473.8978 /0.8485=558.512 \text{ т/год}$$

Вибираємо барабанний огрудкувач ОБ2-3.2×12.5, необхідна кількість:

$$n_{ок}=558.512 /110=5.077$$

Приймаємо 6 огрудкувачів.

Остаточні данні по проекту цеху річної виробничої спроможності 4.5 млн. т окатишів  
Таблиця 3.10

Витрати компонентів шихти

Компоненти шихти	Питомі витрати, кг/т	Погодинні витрати,т/год	Витрати на добу, т/діб.	Річні витрати, т/рік
Залізорудний концентрат	1039.593	593.3747	14240.992	4678165.872
Вапняк	103.788	59.2396	1421.7504	467045.0064
Доломитизований вапняк	26.201	14.9549	358.9176	117904.4316
Коксовий дріб'язок	1.581	0.9023	21.6552	7113.7332
Антрацитовий штиб	5.915	3.3761	81.0264	26617.1724
Бентонітова глина	10.05	5.7362	137.6688	45224.2008
Всього	1189.061	677.5838	16262.0112	5342070.679

Обладнання	Кількість	Тип	Виробнича спроможність
Витратні бункера концентрату	14	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера вапняку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера доломитизованого вапняку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера коксового дрібязку	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункера антрацитового штибу	2	200м <sup>3</sup>	-
Витратні бункери бентонітової глини	2	200м <sup>3</sup>	-
Молоткова дробарка для флюсів	3	ДМРИЭ-1450×1300	250.0
Чотирьохвалкові дробарки для твердого палива	3	900×700	16.0
Молоткова дробарка для бентонітової глини	3	СМД-102	250

Таблиця 3.11

## Основне технологічне обладнання

Продовження таблиці 3.11

Обладнання	Кількість	Тип	Виробнича спроможність
Барабанний огрудкувач	6	ОБ-2.8×10	1200.0
Обпалювальні машини	2	ОК-250	473.90

Таблиця 3.12

## Проектний хімічний склад окатишів

Вміст компонентів, %							
Fe <sub>общ</sub>	S <sub>общ</sub>	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO
61.107	0.063	5.451	80.146	6.56	0.328	6.534	0.0553

Продовження таблиці 3.12

Вміст компонентів, %							
MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>3</sub>	Інші	ППП	∑окислів	$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$	$\frac{CaO + MgO}{SiO_2}$
0.049	0.0522	0.039	0.152	0.256	100.0	1.09	1.11

Таблиця 3.13

## Виробництво готової продукції

Продукція	Погодинне виробництво, /т/год	Виробнича потужність на добу, т/діб	Річна виробнича потужність, т/рік

Окатиші	570.776	13698.624	4500000
---------	---------	-----------	---------

## 4 Охорона праці

Розділ присвячено розробці заходів щодо запобігання виробничого травматизму, професійних захворювань і отруєнь робітників в умовах виробництва фабрики згрудкування залізорудної сировини.

Підготовка компонентів шихти, виготовлення сирих обкотишів, зміцнюючий обпал і подальше сортування обкотишів пов'язані з використанням основного і допоміжного устаткування, обслуговування якого може призвести до травм чи професійних захворювань.

Виробниче і транспортне устаткування фабрики вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу, що в окремих випадках може стати причиною виробничих травм. Основні технологічні процеси виробництва обкотишів механізовані і частково автоматизовані. Обслуговування технологічного і транспортного устаткування включає такі операції, як запуск, спостереження, регулювання технологічний контроль та зупинка. Значну долю виробничого часу працівники витрачають на прибирання робочих місць, а також на усунення несправностей, таких як захаращення самопливних жолобів, бункерів, живильників тощо.

Заходи безпеки при навантажувальних і розвантажувальних роботах

Необхідні для виробництва обкотишів матеріали (руди, концентрати тощо) надходять до фабрики вагонними нормами. Найбільш травмонебезпечними операціями є розвантаження вагонів, зчеплення і розчеплення вагонів у вагоноперекидачах.

Розвантаження вагонів на складі здійснюється за допомогою вагоноперекидачів, які розташовані на робочих майданчиках приймальних пристроїв. Ці майданчики огорожують перилами висотою 2 м. Керування вагоноперекидачем здійснюється зі спеціально облаштованого приміщення, в якому забезпечується гарна видимість і безпека процесу.

В корпусі вагоноперекидача встановлюється звукова та світлова сигналізація. Перед кожним перекидуванням повинен лунає сигнал для попередження обслуговуючого персоналу. Недопустиме перекидування вагону, якщо що він не був від'єднаний від основного складу або якщо були виявлені в ньому несправності.

Розвантаження составу здійснюється тільки після його повної зупинки, огороження його сигналами безпеки, встановлення гальмівних башмаків та отримання дозволу відповідальної особи. Забороняється здійснювати ремонт несправних вагонів на розвантажувальному майданчику приймальних пристроїв. У разі розвантаження вагонів із замерзлими матеріалами в зимовий період у вагонах передбачені розморожуючі пристрої і вібророзпушувачі.

Залізничні колії в місцях проведення навантажувальних і розвантажувальних робіт необхідно постійно очищувати за допомогою механізованих засобів. Конструкція вагонів для перевезення шихтових матеріалів і обкотишів повинна виключати можливість просипу, оскільки можливі падіння працівників на кулеподібному матеріалі.

На ділянках де вивантаження матеріалів здійснюється вручну, найбільш травмонебезпечними операціями є відкривання і закривання люків, очищення вагонів від залишків матеріалу, тощо.

Вапняк і коксова дрібнота в приймальні бункера подаються в саморозвантажувальних вагонах. Розвантаження составу саморозвантажувальних вагонів здійснюється тільки після його повної зупинки. Відкривання дверей вагонів і бортів платформ здійснюється досвідченими робітниками, при відкриванні вказаних пристроїв працівники, що знаходяться поблизу вагонів, платформ знаходяться на безпечній відстані. Відкривання дверей і люків саморозвантажувальних вагонів відбувається за допомогою спеціального пристрою (лому).

Улаштування і експлуатація рудно-грейферних перевантажувачів відповідає вимогам Правил улаштування та безпечної експлуатації рудно-грейферних перевантажувачів. Кабіни машиністів кранів герметизовані і забезпечені подачею свіжого повітря та пристроєм для обігріву в зимовий період. Для забезпечення безпеки працівників рудно-грейферні перевантажувачі починають працювати тільки після подачі звукового сигналу.

#### Заходи безпеки при обслуговуванні бункерів

Приймальні бункери як правило мають вигляд невеликих металевих або залізобетонних ємкостей, які облицьовані сталлю футеровкою. Приймальні бункери повинні забезпечувати безперервне проходження матеріалу. Завантажувати приймальні бункери при відкритих розвантажувальних отворах заборонено.

Під час надходження матеріалу до приймальних бункерів в кутах на дні утворюються залежи матеріалу, а якщо матеріал ще й вологий, то матеріал зависає в бункері. Руйнування сводів і шурування завислого матеріалу достатньо складна і небезпечна операція.

Основними видами небезпеки при обслуговуванні шихтових бункерів є засипання людей в бункерах при шуруванні застряглих матеріалів, опіки гарячим вороттям, падіння людей в бункери.

Для попередження застрягання матеріалів у бункерах проектом передбачені циліндрові бункери з конусним низом, що має нахил не менше 60°.

При застряганні матеріалів у бункерах шурування їх здійснюють тільки зовні. Для цього застосовують електровібратори, які встановлюють на зовнішніх стінках бункера, стиснуте повітря, шурування довгими піками через шурувальні люки в стінках бункерів або зверху через запобіжні ґрати. Опускання людей в бункер забороняється. Пересування составу над бункерами, в яких працюють люди, неприпустимо.

Дистанційне управління і механізація процесу вивантаження бункерів досягається заміною бункерних затворів вібраційними або електромеханічними живильниками.

Цей захід дозволяє запобігти травмуванням під час вивантаження матеріалу з бункера.

Перед оглядом і профілактичними роботами приймальні і проміжні бункери необхідно звільнити від залишків матеріалу. Спускання людей у бункер можливе лише за наявності письмової згоди керівництва фабрики.

Заходи безпеки при обслуговуванні основного та допоміжного технологічного устаткування

Для подрібнення матеріалу використовують шокові, конусні, валкові або молоткові дробарки. При подрібненні основну небезпеку становлять обертові частини дробарок: шків, шестерні, приводні ремені, а також вузли завантаження і розвантаження.

Для забезпечення безпеки праці під час обслуговування дробильного устаткування проектом передбачено ряд технічних і організаційних заходів і засобів: огороження рухомих і обертових вузлів і механізмів, завантажувальні і розвантажувальні отвори огорожують суцільним металевим щитом, для запобігання вильоту кусків матеріалу з дробарки.

Робочі майданчики для обслуговування дробарок повинні мати перила. Робочий майданчик оператора, який спостерігає за надходженням матеріалу у дробарку та її роботою, обладнаний суцільним металевим огороженням для захисту від кусків матеріалу, що вилітають під час дроблення. \*

Для підвищення безпеки обслуговування огороження обертових частин і тракту подачі матеріалу блокується з пусковими пристроями приводу, що виключить можливість вмикання дробарки за відсутності огорожень.

Подавати матеріал в дробарку можливо тільки після її запуску. Кількість матеріалу, що завантажується, не має перевищувати граничних значень для відповідного типу дробарки.

Завантаження і розвантаження дробарок механізовані і автоматизовані. Живильники і конвеєри, що подають матеріал у дробарку і видаляють подрібнений матеріал заблоковані з дробаркою таким чином, щоб запобігти потрапляння матеріалу при вимкненому приводу.

У разі аварійної зупинки дробарки, коли вона заповнена матеріалом, подальший запуск у роботу здійснюється після обов'язкового очищення дробильного простору. В цьому випадку необхідно розібрати електричні схеми приводу дробарки і вивісити плакати «Не вмикати - працюють люди». Очищення дробильного простору необхідно здійснювати ззовні дробарки. Якщо неможливо здійснити очищення дробарки ззовні, то роботи в середині дробарки виконують двома працівниками у присутності відповідальної особи.

Особливу небезпеку при експлуатації дробарок становлять металеві й інші сторонні предмети, що заклинюють валки й викликають поломку зчіпних коліс, шестерень а також інші аварії. Для попередження поломок механізму валкових дробарок при потраплянні металевих предметів, один з валків устанавлюють у рухливих пружинних підшипниках. Зазор між валками регулюється за допомогою гвинтів притискного пристрою, пружини якого стискаються при потраплянні недрібненого тіла, збільшуючи зазор між валками.

Живильники необхідні для рівномірної подачі матеріалу на переробку. Пластинчасті живильники вкривають суцільним металевим кожухом. З боку надходження матеріалу у живильник для обмеження руху повітря, закріплюють фартуки, а з іншого боку живильника приєднується до кожуха укриття завантажувального отвору дробарки.



Для відділення шихтових матеріалів по класу крупності виконується операція грохотіння в грохотах. При операції грохотіння травми, одержанні обслуговуючим персоналом, викликані найчастіше необачністю самих потерпілих.

При несправності грохотів або незадовільному кріпленні дебаланси становлять найбільшу небезпеку. Тому захисні кожухи на їх роблять досить міцними, щоб утримати ушкоджений диск або його уламки.

Клиноремінна передача приводу також захищають огороженнями в легководоємному виконанні. При експлуатації грохотів, установлених у спеціальних пило - шумозахисних укриттях, у них обов'язково роблять оглядові люки й двері для періодичного спостереження. Борти грохоту обгороджено перилами.

Небезпека травматизму існує при обслуговуванні змішувальних барабанів. Для його попередження при експлуатації даних агрегатів їх приводні механізми і опорні ролики захищають кожухами. По периметру змішувальних барабанів встановлено запобіжні бар'єри.

Чищення і ремонт змішувальних барабанів можна виконувати за умови їх відключення. З цією метою дверці в кожусі для доступу всередину змішувача необхідно блокувати з пусковим пристроєм так, щоб виключалася можливість пуску барабана в хід при відкритих дверцях.

Окомковувачі і обпалювальна конвеєрна машина відносяться до основного устаткування. Хоча розділення устаткування на основне і допоміжне досить умовне.

Чашковий окомковувач має вигляд похилої відкритої чаші, що обертається завдяки електричному приводу. Робочий майданчик машиніста спікальної машини огорожено, тому виключена можливість контакту його з обертовими механізмами.

Регулювання кута нахилу чаші, регулювання скребків, розрихлювачів тощо, необхідно здійснювати після повної зупинки механізму і розібраній електричній схемі електричного приводу.

Робота окомковувача залежить від роботи суміжних механізмів. Тому, запуск в роботу окомковувача необхідно здійснювати у суворій послідовності.

По-перше необхідно вмикати транспортери подачі сирих обкбгишів, а потім окомковувач. Недотримання цієї вимоги може призвести до перевантаження транспортних машин. Зупинка окомковувача здійснюється у зворотній послідовності.

Безпечне обслуговування окомковувача залежить від безперервності технологічного процесу. Це досягається своєчасною заміною швидкозношуваних деталей. Наприклад, ножі очисного пристрою, упорні та опорні ролики, їх підшипники, зуб'я відкритої передачі приводу, внаслідок контакту з матеріалом, який має абразивні властивості, тощо. Для запобігання швидкого зношування бандажем і опорних роликів необхідно слідкувати, щоб вони доторкались по всій ширині поверхні кочення. Часткове кочення є причиною появи конусів на бандажах і ролика, що викликає часті поломки.

Окомковувачі мають централізоване змащення, яке постійно слід контролювати, то що від нього залежить надійність роботи підшипників, упорних і опорних роликів та інших вузлів.

Спікання сирих обкотишів супроводжується фізичними процесами такими як: нагрівання матеріалу, випаровування вологи, спікання, охолодження обалених обкотишів, рух газів і передача тепла. Крім цього відбуваються і хімічні перетворення - розклад гідратів, карбонатів та сірчастих сполук, окислення окислів заліза і твердого палива тощо. Кожен з цих процесів є джерелом утворення шкідливих і небезпечних виробничих факторів.

Під час роботи спікальної машини перебування працівників в зоні її дії заборонено. Для цього завантажувальна частина машини огорожується запобіжним щитом від підлоги робочої гілки до позначки підлоги холостої гілки. Крім того, огорожується майданчик приводу спікальної машини.

В зоні робочого майданчику в місцях завантаження постелі і обкотишів на візок виникає небезпека травмування роликми шкальних візків. Тому приводи роликів мають бути огорожені. Слід також огородити головну частину спікальної машини, яка випирає над робочим майданчиком (з боків), для запобігання доступу обслуговуючого персоналу в зону виходу візків на робочу гілку для заміни колосників, в зону дії укладчика, роликового грохота-живильника та інших механізмів завантаження обкотишів і постелі. Доступ обслуговуючого персоналу в ці місця можливий тільки у разі повної зупинки спікальної машини і за наявності блокування, що виключить можливість самовільного вмикання механізмів.

Для безпечного обслуговування розвантажувальних жолобів спікальних машин влаштовано спеціальні майданчики з драбинами і поручнями.

З метою безпеки пересування вагонів, що знаходяться під завантаженням, слід здійснювати спеціальними штовхачами, без ручного зачеплення тяглових пристосувань.

Прибирання шляхів від агломерату, що просипався, виконують лише після дотримання заходів, що виключають можливість подачі рухомого складу, і після зупинки спікальних машин.

Заходи безпеки при обслуговуванні самопливного і конвеєрного транспорту

На фабриці використовуються наступні види конвеєрів: горизонтальні, похилі та крутопохилі. При обслуговуванні цього виду транспорту виникають наступні види небезпечних ситуацій та факторів: затягування людей конвеєрною стрічкою; обрив або сходження стрічки; велика запиленість; зворотній хід похилих конвеєрів.

Для уникнення небезпечних ситуацій при експлуатації конвеєрного транспорту передбачено наступні засоби безпеки:

1. відстань між конвеєром і стінкою не менше ніж їм;
2. для проходу людей не менше ніж 0,75м;
3. конвеєрну галерею обладнано пішохідними містками через кожні 30м;
4. змонтовано систему автоматичного вимкнення при перевантаженні до 75%, для запобігання обриву або сходження стрічки;
5. в місцях перевантаження матеріалу встановлено аспіраційні укриття;
6. приводи похилих конвеєрів обладнано автоматично діючими гальмами;
7. центруючі пристрої для запобігання сходу стрічки;

Для зменшення пилоутворення висота перепадів матеріалів на транспортерній трасі є мінімальною. Щоб уникнути аварійних 'завалів матеріалами при роботі системи передбачене блокування, що зупиняє суміжні транспортери у разі зупинки одного з них. Конструкція пересувних розвантажувальних візків транспортерів виключає можливість їх перекидання і мимовільного пересування. Розвантажувальні візки стрічкових транспортерів обладнані кінцевими вимикачами.

Через конвеєра довжиною більше 20м в необхідних місцях влаштовані перехідні містки або переходи під ними. На конвеєрах огорожені привідні, натяжні і відхиляючі барабани, натяжні пристрої, канати і блоки натяжних пристроїв, ремінні, черв'ячні передачі. Конструкцією конвеєру передбачений доступ до елементів, блоків і контрольних пристроїв конвеєру, які потребують періодичної перевірки, а також до пристроїв регулювання і т.п. без зняття огороження.

Дільниці стрічок, які набігають на барабани, огорожені по довжині конвеєру від осі барабану на відстані не менше 1,0м плюс радіус — для барабанів діаметром до 1,0м і не менше 1,5м плюс радіус — для барабанів діаметром більше 1,0м. Привідні барабани огорожені суцільним металічним листом, а натяжні барабани - сіткою з розміром ячейки  $20 \times 20$ мм.

Прибирання матеріалу, що просипався з-під стрічкового конвеєру, під час роботи механізовано; прибирання матеріалу вручну відбувається тільки при зупинці конвеєру і дотриманні вимог бірочної системи, при цьому пуск апаратури конвеєру

обладнана пристроєм, який виключає можливість ввімкнення конвеєру при проведенні прибирання та інших робіт.

#### Заходи електробезпеки

До особливо небезпечного типу приміщень через високу вологість, наявність струмопровідного пилю, металевих підлог і великої потужності двигунів відносяться: спікальне відділення, відділення шито підготовки.

Для виключення ураження персоналу електричним струмом проектом передбачені заходи:

- надійна ізоляція струмоведучих частин, застосування огорожень, кожухів, розташування проводів на недоступній висоті, вологостійка ізоляція електродвигунів, блокування захисних кожухів, заземлення;
- для передачі електроенергії застосовуються ізольовані кабелі, прокладені по стінам та перекриттям;
- приєднання кабелів до електроустановок здійснюється за допомогою муфт;
- застосовується струм невисокої (безпечної) напруги (12-36 В) у ланцюгах керування, сигналізації;
- при обслуговуванні електроустановок застосовуються індивідуальні засоби захисту: діелектричні рукавички і килимки, боти;
- у випадку порушення цілісності ізоляції або обриву електропроводів застосовують заземлення.

Діапазон потужностей електричних двигунів, вживаних на агломераційних фабриках, дуже широкий — від дрібних двигунів потужністю в декілька сот ватів (живильники) до двигунів потужністю 50 кВт і більше (дробарки, змішувачі, спікальна машина). Наявність на фабриках великої кількості різноманітних електричних двигунів і апаратів, що працюють на змінному і постійному струмі, також ускладнює умови їх експлуатації. До наладки та обслуговування електроустановок допускаються тільки працівники відповідної кваліфікації (не нижче 3 розряду), іншим доступ обмежений.

У якості заземлювачів розподільної мережі використовуються 4-х жильні кабелі, сталеві труби електропроводок, прогони кабельних конструкцій, смуги металу для заземлення. Контур захисного заземлення виконується загальним для всього електроустаткування корпусу.

Для надійного електропостачання проектом передбачено застосування ряду технічних пристроїв як в системі, так і у споживачів: пристроїв релейного захисту і автоматики, автоматичного введення резерву (АВР) і повторного включення (АПВ), контролю і сигналізації.

#### Гігієна праці та виробнича санітарія

Забезпечення нормального повітряного середовища у виробничих приміщеннях фабрики

Для забезпечення допустимих параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях застосовується вентиляція природна, механічна і змішана. Спікальне відділення забезпечене аерацією: встановлені аераційні ліхтарі незадуваемого типу і приточні отвори з керованими фрамугами.

Спікальна машина є джерелом виділення шкідливих газів та пилю. Для нейтралізації пиловиділення робоча й холоста вітка машини вкриті герметичним кожухом по всій довжині, включаючи привод. Для зниження засмокування повітря безпосередньо з приміщення й виключення створення розрідження, робоча й холоста вітки не мають в горизонтальній площині розділового майданчика, тому що в цьому випадку запилене повітря з вузла дроблення й грохочення агломерату, засмокується в шар.

Для зниження запиленості повітря на трактах подачі шихти, сировини, готової продукції змонтовані герметичні укриття в місцях завантаження й розвантаження.

Дільниця виділення та охолодження гарячого вороття характеризується значним виділенням пару та пилу. Тому охолоджувальне устаткування герметизоване та приєднане до аспіраційної системи. Слід також зазначити, що джерелом пиловиділення є й холоста вітка конвеєрів. Налиплий на неї матеріал обсипається, утворюючи пил. Для ліквідації цього джерела пилу передбачене гідроочищення робочої вітки від налиплого матеріалу.

Локалізація виділення пилу на дільниці дроблення та грохотіння досягається за рахунок створення емних укриттів, з'єднаних з аспіраційним вентилятором. Боротьба з пилом у цехах спікання агломерату здійснюється шляхом впровадження комплексу технічних заходів, що включають: місцеву витяжну й загальнообмінну вентиляцію, очищення від пилу вентиляційних і технологічних викидів, гідрознепилювання. Основним засобом боротьби з пилом є місцева витяжна вентиляція (аспірація), що передбачає влаштування аспіраційних укриттів устаткування. Для очищення від пилу аспірованого повітря застосовуються мокрі пиловловлювачі (циклони, скрубери), а також пиловловлювачі зі зрощуваними ґратками, рукавні фільтри з термостійкою тканиною, електрофільтри.

Небезпечною особливістю природного газу є його токсичність. Негативний вплив токсичних газів на організм людини залежить не тільки від концентрації газу, але і від тривалості перебування людини в загазованому середовищі. Окис вуглецю, сірководень, окисли азоту є токсичними, вони утворюються в процесі спікання агломерату. Для безпеки обслуговуючого персоналу над запальними горнами встановлені витяжні зонти, при введенні горна в експлуатацію газ приймається на відкритий вогонь, а всі з'єднання газопроводів є герметичними. Газова служба регулярно бере повітря на аналіз і вивіщує попереджувальні плакати. Весь персонал навчений правилам експлуатації газових горнів, користуванню газозахисною апаратурою.

Приєм газу на пальники горнів агломашин здійснюється відповідно до «Правил безпеки в газовому господарстві заводів чорної металургії». Пуск газу здійснюється в присутності особи газорятівальної служби. При гасінні пальників агломераційних машин спочатку закривають засувки газу, а потім повітря, після чого зупиняють тягодуттєві установки.

Найважливішими заходами щодо запобігання отруєнь у проєктованому виробництві є: герметизація кладки і газових пристроїв; усунення можливості проривів газу через водяні затвори, водовідвідники, пиловипускні люки й інші місця газових пристроїв; правильне розташування продувних свіч-газопроводів; ліквідація робіт, пов'язаних з перебуванням людей усередині газових пристроїв.

Тому працівники забезпечені засобами індивідуального захисту (респіраторами, спецодягом), профілактичним харчуванням (молоко), відпочинком у профілакторіях. Також передбачені перерви в роботі для відпочинку в приміщеннях з оптимальним мікрокліматом.

**Захист від шуму та вібрацій**

Найвищі рівні шуму спостерігаються на робочих місцях машиністів конвеєрів, машиністів огрудковувачів, машиністів вентиляторів і ексгаустерів, дробильних установок.

Для боротьби з шумом і вібрацією проєктом передбачені різні інженерно-технічні заходи: дробарки, грохоти, змішувачі та огрудковувачі встановлюють на фундаментах, відокремлених від майданчиків для обслуговуючого персоналу гумовими віброізолюючими прокладками, тому відсутній жорсткий зв'язок вібронезбезпечного устаткування з підлогою, що зменшує шкідливий вплив вібрації на

працівників; зовнішні поверхні деталей і корпусів облицьовані спеціальними вібродемпфуючими матеріалами; застосовані гумові глушники, які поглинають шум.

Все технологічне устаткування, яке створює підвищений шум і вібрації оснащено звукоізолюючими покриттями й віброгасними пристроями. Це дозволяє зменшити шум до 10 дБ в області середніх і високих частот.

Для зниження рівнів шуму проводиться своєчасне й повноцінне змащення частин, що труться; укладання в масляні ванни віброуючих і створюючих шум деталей, наприклад, шестерних редукторів; ретельна підготовка рухових і тертьових частин машин та механізмів, а також утримання їх у постійній справності.

Тому робітники забезпечені засобами індивідуального захисту від шуму, а робочі місця влаштовані в окремих звуко- і віброізолюваних приміщеннях від обладнання, яке є джерелом вібрації та шуму. Для індивідуального захисту органів слуху застосовуються внутрішні противошуми (заглушки, вкладиші "беруши"), які захищають від звуків небажаної частоти й вільно передають органам слуху звуки певної частоти, оскільки повна ізоляція органів слуху неприпустима за умовами безпеки й зовнішні (наушники).

Передбачені організаційні та лікувально-профілактичні заходи: періодичний медичний огляд працюючих в умовах підвищеного шуму й вібрації; проведення гімнастики й регламентованих фізкультпауз.

#### Захист від теплових випромінювань

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла в основних робочих зонах фабрики потрібен значний повітрообмін, особливо в літню пору, і це здійснюється шляхом подачі повітря за рахунок аерації. На покрівлі роблять отвори в повздовжніх стінах: нижній ряд для припливу повітря в теплий період, верхній - для припливу повітря в холодний і теплий період року. Таке розміщення отворів необхідне для того, щоб збільшити повітрообмін літом (шляхом відкриття обох рядів отворів), а взимку, закривши нижні отвори, зменшити його й забезпечити підігрівання повітря за рахунок тепла в приміщенні, перш ніж воно дійде до робочих місць. Коли потрібен великий повітрообмін або з конструктивних міркувань немає можливості влаштувати ліхтарі, повітря з приміщень видаляється через витяжні зонти й шахти.

Для зменшення тепловиділення спікальні машини теплоізолюють, обладнують ємкими витяжними зонтами, а також для захисту від тепловипромінювання встановлені сітчасті екрани з водяною завісою, що забезпечує повне екранування розпеченої поверхні шихти. Зонти обладнані витяжними трубами, виведеними на 1-2м вище найбільш високої частини будинку й оснащені дефлекторами. Вони встановлені над горнами.

#### Забезпечення оптимального освітлення

Освітлення на робочих місцях здійснюється за допомогою штучного та природнього освітлення. Природне освітлення здійснюється через світлові отвори в огорожу вальних конструкціях цеху та через світло-аераційні ліхтарі.

Проектований цех має загальне штучне освітлення з рівномірним розташуванням світильників тобто з однаковими відстанями між ними. Джерелами світла є лампи накаливання, які забезпечують освітленість в 50лк.

Для аварійного освітлення встановлено аварійний генератор, завдяки якому буде приведено в дію аварійне освітлення для нормальної і послідовної зупинки процесу. Норма аварійного освітлення знаходиться в межах 5 - 10% від основного і дорівнює для денного цеху - 5 лк.

#### Пожежна безпека

У проектованому виробництві основні процеси характеризуються утворенням або споживанням великої кількості горючих газів, тому є постійна небезпека виникнення пожежі.

Головну пожежну небезпеку при виробництві обкотишів представляють вибухи суміші газів (коковий, доменний та природний) та пилу до складу якого входить коксовий дріб'язок та антрацитовий штиб. В процесі вибухи виникають раптово й протікають настільки швидко, що працюючі зазвичай не встигають покинути небезпечне місце. Небезпека вибуху суміші горючих газів та пилу виникає при утворенні газоповітряних сумішей. Тому основні заходи щодо запобігання вибухів полягають у попередженні утворення таких сумішей, що досягається герметизацією ємностей, у яких перебувають гази, і підтримкою позитивного тиску усередині газопроводів та більш ретельнішим відсмоктуванням пилу.

Заходи щодо попередження вибуху суміші зводяться ГОЛОРИМ чином до запобігання, утворенню вибухонебезпечної газоповітряної суміші, усунення ймовірності вибуху, випадку її утворення. Це досягається за рахунок автоматичного перекриття дроселів на подачі газу і повітря в момент зупинки машини, збереження під горном мінімального розрідження, для цього встановлюють на пальниках газопроводів подачі газу відсічні клапани, налаштованих на падіння тиску газу до 1 кПа.

Вибухонебезпечними вважаються приміщення, де внаслідок нещільності газових мереж можливі значні витіки газу. Приміщення в яких відбувається завантаження розвантаження матеріалу в результаті чого з'являється вибухонебезпечний пил. У даних приміщеннях для запобігання утворення або появи джерел полум'я або іскри, а також розжарених предметів, слід передбачити наступні заходи безпеки: не допускати ведення робіт, пов'язаних з іскроутворенням і нагрівом різних предметів до високих температур; забезпечити вибухобезпечність опалювання, освітлення й телефонного зв'язку, а також не допускати застосування вибухонебезпечного інструменту й електроустаткування; провести належне навчання персоналу правилам роботи й вимогам безпеки у вибухонебезпечних приміщеннях з урахуванням місцевих умов.

Для попередження вибухів у повітропроводах, по яких подається необхідне для горіння повітря, подача повітря повинна бути безперервна при встановленому тиску. На випадок аварійної зупинки повітродувних засобів повітревводи обладнують зворотними клапанами, що перешкоджають доступу газу в підводи повітря. З метою безпеки природним газам надають характерний сморід, вводячи в газ деякі хімічні речовини, наприклад етилмеркатган.

Корпуса фабрики по ступені вогнестійкості належать до категорії егорючих - вони споруджені із металевих конструкцій і негорючих матеріалів. Будівля фабрики обладнана зовнішніми металевими сходами. Пожежні крани встановлені по підземній водопровідній лінії.

На фабриці відповідно до СНиП 2.04.02-84 та СНиП 2.04.01-85 передбачена система протипожежного водопостачання, яке є джерелом подачі води для пересувної пожежної техніки та установок пожежегасіння. Протипожежний водогін об'єднаний із виробничим водогоном. На його мережі у корпусі фабрики встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами та відводами. Зовні корпусу по його периметру в підземних колодязях розташовані пожежні гідранти. Для доступу на дах споруди передбачені пожежні драбини, які закріплені на стінах.

Для гасіння можливих пожеж на фабриці передбаченні первинні засоби пожежегасіння, згідно з «Правилами пожежної безпеки в Україні». Пожежний інвентар з пожежним інструментом та вогнегасниками розміщені на спеціальних пожежних щитах. Такі щити встановлені на території фабрики з розрахунку один щит на площу 5000м<sup>2</sup>, тобто 15 щитів на площу 75000м<sup>2</sup>. В комплект щита входять: вогнегасники - 3шт., ящик з піском - 1шт., пожежне покривало розміром 2х2м - 1шт.,

гаки - 3шт., лопати - 2шт., ломи - 2шт., сокири - 2шт. Проектом для гасіння пожеж передбачені порошкові, пінні та водні вогнегасники.

Для попередження поширення пожежі конструкції споруд обладнують протипожежними перегородками. До протипожежних перегородок відносяться протипожежні стіни й перекриття. Протипожежний розрив між підприємством і житловим районом складає 1000м. При проектуванні передбачений безперешкодний вихід із виробничих, допоміжних й інших споруд при виникненні пожеж, вибухів й інших аварій. Сумарна ширина прольотів сходових кліток, а також ширина дверей, коридорів і проходів на шляхах евакуації на всіх поверхах становить не менше 0,6м на 100 чоловік. Мінімальна ширина евакуаційних дверей становить 0,8м, висота дверей і проходів - не менш 2м.

Для запобігання пожеж і вибухів застосовується контрольно-вимірювальна апаратура, світлозвукова сигналізація, яка дозволяє попередити виникнення небезпечних ситуацій, а при виникненні заpalення вмикає пристрої пожежогасіння. Для повідомлення пожежних підрозділів про виникнення пожежі на аглофабриці використовується телефонний зв'язок і електричну пожежну сигналізацію (ЕПС). Телефонний зв'язок здійснюється по лініях зв'язку загального користування, безпосередньо пов'язаним з пожежною командою. Електричною пожежною сигналізацією обладнані виробничі й складські приміщення й спорудження.

Для запобігання пожеж і вибухів велике значення має застосування контрольно-вимірювальної апаратури, світлозвукової сигналізації, що регулює апаратуру автоматичного типу й блокувань безпеки, що дозволяють попередити виникнення небезпечних ситуацій, а при виникненні заpalення включити спеціальні пристрої для ліквідації пожежі. Для повідомлення пожежних підрозділів про виникнення пожежі на промислових підприємствах використають телефонний зв'язок спеціальну електричну пожежну сигналізацію (ЕПС). Електричною пожежною сигналізацією обладнують виробничі й складські будинки, приміщених й спорудження. Телефонний зв'язок здійснюється по лініях зв'язку загального користування, безпосередньо пов'язаним з пожежною командою.

## 5 ОХОРОНА ОТОЧУЮЧОГО СЕРЕДОВИЩА

Екологічна ситуація в гірничо-металургійному комплексі України не поліпшується. За останні 10 років у зв'язку з відсутністю фінансування не проводився комплексний аналіз стану галузі щодо викидів в атмосферу, скидань у водоймища, утворення відходів, тому достовірна картина екологічного стану галузі відсутня. Проте, на основі окремих промислових регіонів можна зробити висновок, що підприємства чорної металургії є основним джерелом забруднення атмосфери. У промислових містах, в яких розташовані металургійні підприємства, концентрації шкідливих речовин в атмосфері в 3 – 5 разів перевищують санітарні норми, що відображається на здоров'я населення у вигляді своєрідного екологічного СНІДу - синдрому придбаного імунodefіциту, який формується під впливом поразки системи крові людини токсичними речовинами, що містяться у всіх видах викидів, скидань і відходів підприємств гірничо-металургійного комплексу.

При роботі агломераційної фабрики найбільше страждає повітряне середовище. Водний басейн не потрапляє під вплив агломераційного виробництва, так як агломераційна фабрика має закритий цикл водопостачання, тобто вода циркулює в межах фабрики де й проходить очистку.

Джерелами забруднення повітряного басейну на агломераційних фабриках є агломераційні стрічки, барабанні і чашкові охолоджувачі агломерату, обпалювальні печі, вузли пересипки, транспортування, сортування агломерату і компонентів, що входять до складу шихти. Тому, зниження впливу металургійних підприємств є надзвичайно важливим. І першорядною задачею є зниження впливу агломераційного виробництва, оскільки воно вносить більше 50% викидів пилу, монооксиду вуглецю, сірчастого ангідриду, діоксиду азоту. Це пояснюється, перш за все, явною відсталістю майже всіх стадій процесу виробництва агломерату. Головним напрямом зниження викидів агломераційного виробництва є зменшення витрати твердого палива, оскільки викиди агломерації на 78,5 % представлені монооксидом вуглецю (8 % пил, 11 % SO<sub>2</sub> і 2,5 % NO<sub>x</sub>).[ ]

При виробництві в країні близько 44 млн.т агломерату (2013 – 2023 р.р.) розрахункові валові викиди контрольованих шкідливих речовин склали 1528 тис. т/рік, зокрема:

- пил – 123,0
- монооксиду вуглецю – 1200
- сірчастого ангідриду – 172
- оксидів азоту – 33,0



У аглодоменому переділі кількість шкідливих викидів напряду залежить від використання палива на агломераційних машинах. Витрати теплової енергії і питома витрата твердого палива на процес спікання на вітчизняних

агломераційних фабриках вище за ці показники для зарубіжної агломерації на 40 – 50%, а викиди шкідливих речовин в атмосферу в 4 – 6 разів перевищують гранично допустимі рівні.

Тому для їх зменшення логічним і раціональним буде зменшення витрати палива, енергоспоживання і використання паливних первинних ресурсів. Відповідні технологічні заходи приведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Основні заходи для зниження витрати палива (%), енергоспоживання (ГДж/т) і використання паливних первинних ресурсів (кг.умов.т.)

Заходи	Зниження витрати		
	%	ГДж/т	кг
Поліпшення хімічного складу коксу:			
• зменшення вмісту S на кожному 0,1 %	0,3	0,056	1,922
• зменшення вмісту золи в межах, %:			
11-10	1,3	0,244	8,327
0-9	1,2	0,225	7,686
Поліпшення фізичних властивостей коксу:			
• підвищення міцності по показнику М 25 на 1 %	0,6	0,113	3,843
• зменшення істирання по показнику М10 на 1 %	2,8	0,524	17,9
• зменшення вмісту в скиповом коксі фракції менше			
5-3	0,7	0,131	4,484
3-1	0,5	0,094	3,203
Підвищення якості агломерату:			
• підвищення вмісту Fe на 1,0 % у інтервалі, %:			
52-54	1,2	0,225	7,686
54-56	1,1	0,206	7,045
56-58	1,0	0,188	6,405
• зниження вмісту S в межах, %:			
0,050-0,025	0,3	0,056	1,922
0,025-0,010	0,2	0,006	1,281
• зниження виходу фракції 0 - 5 мм, %:			
15-10	1,5	0,281	9,608
10-5	1,0	0,188	6,405

Нижче приведені основні технологічні способи придушення газових викидів при агломерації.

Забезпечення оптимальної величини шихтових матеріалів. Додріблення крупної фракції (8 – 10мм) аглоруди зниження крупного звороту до 5 – 8мм, оптимізація крупної твердого палива на рівні 0,5 – 3мм дозволяють понизити витрату палива на 10 – 20%.

Усереднювання шихтових матеріалів, що має за мету, як поліпшення постачання агломераційних фабрик сировиною, так і поліпшення усереднювання сировини безпосередньо на складах. Таким чином, вдається знизити мінімум удвічі коливання вмісту заліза в сировині, зменшити витрату твердого палива в агломерації на 5 – 7%.

Дозування і транспортування шихтових матеріалів за допомогою відповідної сучасної техніки дозволяє досягти стабільності хімічного складу агломерату і залежної від неї економії твердого палива на процес спікання може складати в різних умовах від 25 до 50%.

Змішування і огрудкування крупнішої шихти в дві стадії в паралельно встановлених барабанах підвищує якість агломерату, знижує витрату твердого палива до 38 – 42кг/т агломерату (при 55 – 60кг/т в нашій практиці). Роздільне огрудкування тонких концентратів в міцні гранули розміром 3 – 6мм дозволяє забезпечити потрібну газопроникність шихти, спікання її в шарі заввишки 500 – 700мм при великій продуктивності і зменшенні витрати твердого палива на 15 %.

Функціонування циклу «постіль» разом з добре забезпеченою сегрегацією шихти при її завантаженні дозволяє скоротити в 2 – 5 разів пилевинос із спікаємого шару.

Збільшення висоти спікаємого шару шихти до 350 – 450мм забезпечує зменшення витрати палива на 8 – 10%. Знижує віднесення пилу з шару, збільшує повноту горіння палива при збільшенні висоти шару на 100мм сумісному подрібненні вапняку і палива, роздільній подачі палива в шихту (70 – 80% в барабан – огрудкувач можна скоротити викиди оксидів азоту і СО на 20 %.

Рециркуляція мінімум 25 % відхідних газів, може нейтралізувати відповідну частину СО, діоксинів і фуранів. Це досягається шляхом рециркуляції агломераційного газу, відбираємого з тракту за нагнітачем і того що подається в шар за горілкою. При цьому змінюється склад викидів: зменшується вміст окислу вуглецю і кисню, збільшується концентрація пари води і двоокису вуглецю, а також сірки.

Вміст пари води в рециркулянті сприяє зменшенню хімічного недопалювання при горінні твердого палива і виходу СО на 20 - 40% [ ]. Зменшення хімічного недопалювання з урахуванням фізичного тепла рециркулянту при температурі біля 100°C і тепла від окислення СО до СО<sub>2</sub> у верхній частині зони горіння забезпечать скорочення витрати твердого палива.

Знижена в порівнянні з повітрям концентрація кисню в рециркулянті може призвести до зменшення швидкості спікання. Необхідна концентрація кисню в рециркулянті регулюється величиною його об'єму.

Особливе значення має рециркуляція для агломераційних машин устаткованих очищенням газу від сірки. У зв'язку з великим об'ємом на очищення від сірки подається приблизно половина газу, а друга половина

викидається в димар без очищення. Частину газу з борову димаря можна повернути на агломераційну машину як рециркулянт.

Організація рециркуляції не вимагає великих витрат. При цьому агломераційні машини устатковуються укриттями для роздачі рециркулянту, підводяться трубопроводи із засобами КВП та автоматики і встановлюються димосос на кожну агломераційну машину індивідуально або на групу машин.

Організація рециркуляції дозволить зменшити витрату твердого палива в шихту на 5 - 9%, зменшити викиди в атмосферу пилу, оксидів азоту і СО відповідно на 15 - 25, 16 - 27 і 32 - 48%.

В наш час на агломераційних фабриках реалізовано три процеси рециркуляції:

1. EOS (агломерація з оптимізацією викиду) упроваджений на трьох агломераційних фабриках фірми "Corns NL" в Еймейдені. Близько 50 % газу відбирається із збірного газоходу за головним ексгаустером і за допомогою допоміжного ексгаустера прямує безпосередньо під кожухи, які повністю перекривають зверху всю агломераційну стрічку. Для регулювання вмісту кисню в газі для спікання засмоктується невелика кількість свіжого повітря;

2. LEEP (виробництво агломерату з малим забруднюючим викидом і оптимізованим енергоспоживанням) розроблений і реалізований на агломераційній фабриці фірми НКМ, на якій агломераційна машина спочатку була обладнана двома паралельними збірними газоходами. В один з газоходів збирається гарячий відхідний газ тільки із задньої частини агломераційної стрічки, а в іншій - холодний газ з передньої частини стрічки. В теплообміннику гарячий газ охолоджується і прямує під кожухи агломераційної стрічки, а холодний газ підігрівається і прямує в димар. У порівнянні з процесом EOS кожухи встановлені над спікаємими палетами із зазором, що забезпечує підсос повітря в технологічний газ;

3. EPOSINT (екологічно оптимізований процес спікання). Застосування системи рециркуляції дозволяє одночасно зменшити загальне утворення забруднювачів і загальній об'єм газу, який вимагає доочистки з виконанням природоохоронних вимог. Отже капітальні і експлуатаційні витрати на устаткування для очищення можуть бути значно понижені. Проте знижена концентрація кисню в газі для процесу спікання може призвести до зниження продуктивності до 10 %, барабанної міцності агломерату (ISO) до 10 %. Економія твердого палива може скласти до 10 %. Вміст FeO в агломераті може знизитися. Проте ступінь зниження продуктивності і холодної міцності агломерату набагато менш значиме при виробництві агломерату основністю  $(CaO/SiO_2) > 2,0$ . [ ]

Таким чином, аналіз впливу окремих стадій агломераційного процесу на шкідливі викиди показує, що шляхом вдосконалення підготовки і спікання шихти можна скоротити викиди токсичних газів мінімум на 30 – 35% (біля 500тис.т/рік).

Що стосується безпосередньо газоочисних установок, то найбільш широке використання на зарубіжних агломераційних фабриках припадає на наступні системи газоочистки, які проілюстровані на рис 5.1. [ ]

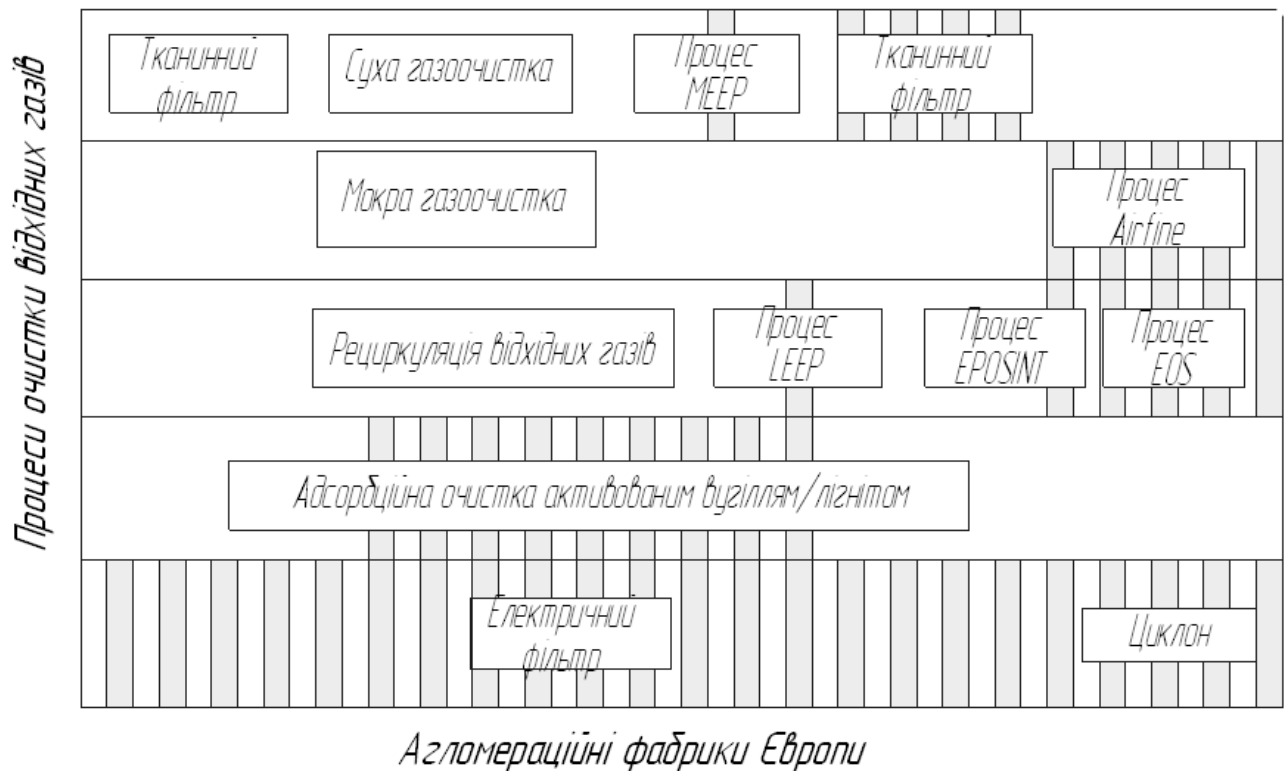


Рисунок 5.1 – Технологія очищення відхідних газів, які використовуються на агломераційних фабриках Європи

Технологію очищення можна умовно розділити на три групи:

1. Електрофільтр і/або батарейні циклони в комбінації з додатковими пристроями;
2. Системи рециркуляції відхідного газу;
3. Додаткові пристрої для кінця труби:
  - а) Мокра газоочистка;
  - б) Тканинний (рукавний) фільтр.

До найефективніших і дешевших відносяться сухі способи знепилювання із застосуванням електро- і рукавних фільтрів. Рукавні фільтри мають ряд переваг перед електрофільтрами, оскільки за інших рівних умов забезпечують вищу (на рівні  $20 \text{ мг/м}^3$ ) і стабільнішу ефективність (на рівні 98,5 %), не залежну від складу пилу і його концентрації. Можливість одночасного очищення технологічних газів від пилу і сірчистих з'єднань робить їх найефективнішими і дешевшими апаратами газоочистки.

Рукавні фільтри можуть бути застосовані і для знепилювання газів хвостової частини агломераційної машин (зони розвантаження і грохотіння агломерату). В цьому випадку рекомендується застосовувати двухступенчасту систему очищення, в якій як I ступінь доцільно використовувати апарати інерційного очищення. Знепилені гази хвостової частини агломераційної машини можуть бути використані для рециркуляції в зону спікання агломерату.

Рециркуляція аспіраційних газів із зони розвантаження і грохотіння агломерату в зону спікання дозволяє понизити на 10 % витрата палива на агломерацію і поліпшити загальну якість агломерату. [ ]

Найбільш ефективним рішенням покращення стану екологічної безпеки в місцях розміщення агломераційних фабрик є застосування новітніх технологій, що дозволяють радикально знизити ресурсо - і енергоспоживання.

## Висновки

1. Були отримані обкотиші на холодній зв'язці з використанням в якості сполучних речовин портландцементу та вапна.
2. Визначено компоненти шихти, які надають максимальний вплив на процес зміцнення (цемент, вапно, паливо). Найбільша міцність обкотишів спостерігається при утриманні вапна ~ 5%, цементу ~ 5%, коксика ~ 3,5% і становить 26-27 кг / обкотиш (фракція 10-12 мм).
3. Розглянуто механізм тверднення і вплив на процес тверднення цементного каменя домішок, склад яких відповідає і не відповідає складу цементу (тверде паливо). Доведено, що добавки твердого палива знижують характеристики міцності безвипалювальних обкотишів на холодній зв'язці, тому що тверде паливо не є аналогом цементу.
4. Розроблено технологію виробництва металізованих аглообкотишів в обертовій трубчастій печі. Досягнуто ступінь металізації 37,2%. Досліджено металургійні властивості аглообкотишів, які перевершують агломерат.
5. Проведена доменна плавка з використанням в шихті аглообкотишів в кількості 7% від загальної витрати залізорудної сировини, що дозволило понизити витрату коксу на 1,8%, підвищити продуктивність доменної печі на 2,5%.