

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

До журки
17.05.2023

Кваліфікаційна робота / проєкт

перший (бакалаврський)

(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція доменної печі в умовах комбінату ПАТ «Запоріжсталь»

Виконав: студент V курсу, групи МЕТ-18-163

спеціальності 136 Металургія

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Металургія

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Д.С.Нікіфоров

(ініціали та прізвище)

Керівник проф., д.х.н., с.н.с. Прутцьков Д.В.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц., к.т.н., доц. Нестеренко Т.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

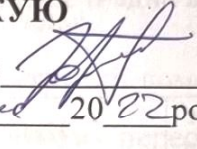
Запоріжжя

2023

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кафедра Металургійних технологій, екології та техногенної безпеки
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Спеціальність 136 Металургія
(код та назва)
 Освітня програма Металургія
(код та назва)
 Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри 
 « 29 » грудня 2022 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЄКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Нікіфорову Данилові Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Реконструкція доменної печі в умовах комбінату ПАТ «Запоріжсталь»

керівник роботи Прутцьков Дмитро Володимирович, д.х.н., проф.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
 затверджені наказом ЗНУ від «29» грудня 2022 року №1894-с

2 Строк подання студентом роботи 19.05.2023

3 Вихідні дані до роботи Провести процес реконструкції доменної печі комбінату ПАТ «Запоріжсталь»

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат; вступ; 1 Загальна частина; 2 Конструкційна частина; 3 Технологічна частина; 4 Охорона праці та техногенна безпека; Висновки; Перелік джерел посилання

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 11 креслень

6 Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------------------------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 Загальна частина | Прутцьков Д.В., професор | | |
| 2 Конструкційна частина | Прутцьков Д.В., професор | | |
| 3 Технологічна частина | Прутцьков Д.В., професор | | |
| 4 Охорона праці та техногенна безпека | Прутцьков Д.В., професор | | |
| | | | |

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1 | Вступ, реферат | 15.05-21.05.2023 | |
| 2 | 1 Загальна частина | 20.03-26.03.2023 | |
| 3 | 2 Конструкційна частина | 27.03-09.04.2023 | |
| 4 | 3 Технологічна частина | 10.04-16.04.2023 | |
| 5 | 4 Охорона праці та техногенна безпека | 17.04-23.04.2023 | |
| 6 | Висновки, перелік джерел посилання | 01.05-07.05.2023 | |
| | | | |

Студент  (підпис) _____ Д.С.Нікіфоров (ініціали та прізвище)Керівник роботи (проєкту)  (підпис) _____ Д.В.Прутцьков (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) _____ Ю.О.Белоконь (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 96 с., 16 табл., 13 рис., 16 джерел

ДОМЕННА ПІЧ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, РОЗПОДІЛ ГАЗУ, СИСТЕМА ЗАВАНТАЖЕННЯ ПЕЧІ, БЕЗКОНУСНИЙ ЗАВАНТАЖУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ, ГАЗОВІДСІЧНИЙ КЛАПАН, АСПІРАЦІЙНА СИСТЕМА

Мета роботи – розробити загальні положення та сучасні проєктні рішення для проведення реконструкції доменної печі № 3 ПАТ «Запоріжсталь».

В загальній частині наведені загальні положення реконструкції доменної печі №3 ПАТ «Запоріжсталь»; основні проєктні рішення по технічному переозброєнню доменної печі.

В конструкційній частині проведені розрахунки профілю печі по методу академіка Павлова М.А. та методу Рамма А.Н.

В технологічній частині проведено обґрунтування використання завантажувального пристрою лоткового типу; проведено порівняння завантажувальних пристроїв «воронка-скліз» і лоткового типів з точки зору якості розподілу матеріалів; проаналізована ефективність роботи завантажувального пристрою лоткового типу; проведений розрахунок шихти доменної плавки.

В розділі «Охорона праці та техногенна безпека» наведені основні шкідливі та небезпечні фактори при роботі в доменному цеху та запропоновані методи боротьби з ними.

ЗМІСТ

С.

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП..... | 7 |
| 1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА..... | 9 |
| 1.1 Загальні положення реконструкції доменної печі №3 | |
| ПАТ «Запоріжсталь»..... | 9 |
| 1.1.1 Організація реконструкції печей | 9 |
| 1.1.2 Коротка характеристика доменної печі №3 | 9 |
| 1.1.3 Продуктивність і режими роботи доменної печі, що реконструюється... 10 | |
| 1.2 Основні проєктні рішення по технічному переозброєнню доменної | |
| печі і її допоміжних споруджень..... | 12 |
| 1.2.1 Доменна піч із колошниковим пристроєм, піддоменник і ливарний | |
| двір..... | 12 |
| 1.2.2 Будинок скіпового підйомника й похилий міст. | |
| Бункерна естакада з конвеєрною шихтоподачею..... | 16 |
| 1.2.3 Пиловловлювач із газоходами. Аспірація..... | 18 |
| 1.2.4 Блок повітрянагрівачів. Установка для підігріву повітря | |
| горіння й опалювального газу | 19 |
| 1.2.5 Будинок керування доменною піччю | 20 |
| 1.2.6 Водопостачання, водовідведення й система випарного охолодження | |
| печі..... | 20 |
| 2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА..... | 22 |
| 2.1 Розрахунок профілю печі по методу академіка Павлова М.А..... | 22 |
| 2.2 Розрахунок профілю печі за методом Рамма А.Н. | 25 |
| 3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... | 28 |
| 3.1 Обґрунтування використання завантажувального пристрою лоткового | |
| типу..... | 28 |
| 3.2 Порівняння завантажувальних пристроїв «воронка-скліз» і лоткового типів | |
| з точки зору якості розподілу матеріалів..... | 37 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| 3.2.1 Безконусний завантажувальний пристрій типу «воронка-скліз» | 37 |
| 3.2.2 Безконусний завантажувальний пристрій лоткового типу | 44 |
| 3.3 Ефективність роботи завантажувального пристрою лоткового типу | 49 |
| 3.3.1 Вплив структури стовпа шихтових матеріалів на хід доменної плавки .. | 49 |
| 3.3.2 Регулювання окружного розподілу шихти лотковим БЗП | 52 |
| 3.3.3 Регулювання радіального розподілу шихти лотковим БЗП..... | 60 |
| 3.3.4 Завантаження мішаних порцій лотковим БЗП..... | 67 |
| 3.4 Розрахунок шихти доменної плавки | 70 |
| 3.4.1 Вихідні дані | 70 |
| 3.4.2 Середньозважений склад рудної суміші | 70 |
| 3.4.3 Оцінка матеріалів | 71 |
| 3.4.4 Вибір складу чавуну та основності шлаку | 72 |
| 3.4.5 Визначення витрат матеріалів | 73 |
| 3.4.6 Визначення складу чавуну та шлаку | 74 |
| 3.5 Оцінка фізичних та фізико-хімічних властивостей шлаку | 76 |
| 4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА..... | 78 |
| 4.1 Проблеми й завдання охорони праці в умовах доменного цеху..... | 78 |
| 4.2 Основні небезпечні й шкідливі чинники пічної ділянки | 79 |
| 4.3 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів..... | 81 |
| 4.4 Заходи протипожежної безпеки | 85 |
| ВИСНОВКИ Й РЕКОМЕНДАЦІЇ | 91 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ | 95 |

ВСТУП

Металургійний комплекс сьогодні відіграє визначальну роль у формуванні макроекономічних показників усієї країни. Підприємства комплексу виробляють 30% промислової продукції України, забезпечують більш чверті всього ВВП країни, приносять більше 40% загальноукраїнського розміру валютної виручки.

Розвиток металургії передбачає технічне переозброєння, зменшення енергоємності виробництва, реконструкцію й автоматизацію діючих агрегатів з метою підвищення продуктивності й поліпшення умов праці. Вартість і якість металургійної продукції значною мірою визначаються вдосконалюванням устаткування й технології доменного виробництва — безперервного й найбільш енергоємного технологічного процесу в галузі. Одним зі шляхів підвищення ефективності виплавки чавуну є поліпшення розподілу шихти й газів шляхом застосування завантажувальних пристроїв з розподільниками, розташованими над поверхнею засипу.

В 1980 р. на ДП – 9 комбінату «Криворіжсталь» встановлене перше в Україні лотковий безконусний завантажувальний пристрій (БЗП). У ході освоєння нового обладнання проведені дослідження, на підставі яких обрані раціональні значення кутів нахилу розподільного лотка, розроблені режими керування окружним розподілом.

В 1982 р. на ДП – 6 комбінату «Криворіжсталь» (в 1988 р. на ДП – 5 комбінату «Запоріжсталь») встановлено перший вітчизняний БЗП з розподільником типу воронка-скліз.

БЗП дозволяє забезпечити ефективне управління радіальним і окружним розподілом шихти, його вузли мають високу надійність і вимагають меншого обсягу обслуговування й ремонтів.

Кваліфікаційна робота присвячена реконструкції доменної печі №3 комбінату «Запоріжсталь» з удосконаленим обслуговуванням печі і технології плавки.

В роботі розглядаються питання капітального ремонту з модернізацією доменної печі №3 з реалізацією технічних, технологічних, екологічних проблем в ув'язці з забезпеченням сировиною, матеріалами, енергоресурсами, економічної

ефективності реконструкції. Здійснення всього комплексу заходів дозволить поліпшити техніко-економічні показники доменної печі й цеху в цілому за рахунок зниження витрати коксу, зниження позапланових простоїв, оперативного використання АСК ТП і технології плавки, поліпшити умови праці, оздоровити екологічну обстановку в регіоні за рахунок зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу, одержати вторинні продукти за рахунок утилізації тепла від систем випарного охолодження.

В кваліфікаційній роботі розглядаються завантажувальні пристрої (ЗП) різних типів: конусні ЗП, безконусні (БЗП) типів воронка-скліз й лотковий. За результатами порівняння ефективності розподілу шихтових матеріалів по поверхні колошника БЗП типів воронка-скліз й лоткового пропонується до застосування на доменній печі №3 завантажувальний пристрій лоткового типу проєкту «Азовсталь», «Азовмаш», Діпромет.

Для порівняння ефективності різних типів ЗП, у якості джерел, використовувалися раніше проведені дослідження й експерименти по вивченню й розробці програм завантаження доменних печей і вплив їх на техніко-економічні показники роботи ДП.

Підвищення продуктивності доменної печі досягається організацією газового потоку й раціональним розподілом шихтових матеріалів по поверхні колошника.

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Загальні положення реконструкції доменної печі №3

ПАТ «Запоріжсталь»

Доменна піч працює безупинно від задування до видувки протягом 15 років і більш.

Зупиняють піч тільки з організаційних причин (наприклад, ремонт і т.п.). Для доменних печей передбачено три види ремонтів: капітальні ремонти третього, другого й першого розрядів.

1.1.1 Організація реконструкції печей

Реконструкція, проведена замість капітального ремонту, є найбільш ефективним використанням амортизаційних засобів. Тому в останні роки в чорній металургії капітальні ремонти багатьох металургійних агрегатів заміняють їхньою реконструкцією. Більше того, значна частина засобів капітального будівництва також направляється на реконструкцію й технічне переозброєння діючих металургійних агрегатів.

Реконструкція доменних печей дозволяє в короткий термін і з найменшими витратами ефективніше використовувати виробничі фонди, підвищити продуктивність праці й кількість продукції, поліпшити її якість, автоматизувати й механізувати технологічні процеси. Саме завдяки проведеним реконструкціям, багато доменних печей, побудовані 20-30 років тому, в даний час перетворені в досконалі автоматизовані агрегати. Реконструюються доменні печі звичайно в період чергових капітальних ремонтів.

Проектування таких ремонтів здійснюють проєктні інститути разом з відділами металургійних підприємств. При реконструкціях доменних печей найважливішою метою є зупинка агрегату на можливо короткий строк.

1.1.2 Коротка характеристика доменної печі №3

В 1959 р. при черговому капітальному ремонті по проєкту Укрдіпромезу ДП-3 була реконструйована зі збільшенням корисного об'єму до 1513 м³. У процесі реконструкції були виконані наступні роботи зі спорудження:

- нової доменної печі методом насуву з установкою трехконусного завантажувального пристрою;
- похилого моста;
- блоку повітронагрівачів;
- пиловловлювача;
- ливарного двору з установкою одноноскового розливання чавуну й шлаків;
- другої чавунної льотки;
- приміщення керування піччю.

Система завантаження печі з використанням вагон-ваг була збережена. На цей момент конструкції, футеровка й устаткування ДП-3 фізично застаріли й вимагають повної заміни.

Доменна піч до теперішнього часу працює з наступними показниками:

| | |
|----------------------------------------------|--------------------|
| продуктивність: тис. т/рік | 621,2; |
| тис. т/добу | 1725; |
| питома продуктивність, т/м ³ добу | 1,14; |
| температура дуття: °С | 1044; |
| вміст кисню, % | 21; |
| тиск газу на колошнику, МПа | 0,092 (0,92 атм.). |

1.1.3 Продуктивність і режими роботи доменної печі, що реконструюється

Після капітального ремонту передбачається робота доменної печі на наступних матеріалах: агломерат офлюсований власної аглофабрики, окатиші офлюсовані з добавкою залізної руди, шлаки силікомарганця.

У якості добавок, що флюсують, намічається вапняк звичайний і доломітизований, мартенівський шлаки. У якості твердого палива — металургійний кокс.

З метою економії коксу передбачається вдмухування в горно доменної печі природного газу.

Режим роботи й продуктивність доменної печі при виплавці передільного чавуну в реальних умовах роботи доменного цеху наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Режим роботи й продуктивність доменної печі

| Найменування показників | До ремонту | Після ремонту |
|----------------------------------------------------|------------|---------------|
| Продуктивність, тис. т/рік | 621,2 | 1100 |
| т/добу | 1725 | 3221 |
| Питома продуктивність, т/м ³ добу | 1,14 | 2,13 |
| Дуття: | | |
| температура, °С | 1044 | 1200 |
| вміст кисню, % | 21 | 23,5 |
| вологість | прир. | прир. |
| Тиск газу на колошнику, атм. | 0,92 | до 1,5 |
| Витрата природного газу, нм ³ /т чавуну | 88 | 129 |
| Витрата коксу сухого скіпового, кг/т чавуну | 506 | 477 |

Максимальна проектна потужність доменної печі після проведення капітального ремонту при фонді робочого часу 357 доби й сировина, що відповідає технічним умовам із впровадженням АСК ТП, удосконалюванням профілю печі, заміною вагон-ваг на транспортерну шихтоподачу, установкою безконусного завантажувального пристрою, підвищенням тиском газу на колошнику, спорудженням безкамерних високотемпературних повітрянагрівачів, створенням сучасної конструкції ливарного двору, установкою нової повітродувної машини ДО-3250-41-2 складе 1100 тис.т передільного чавуну в рік.

Після здійснення капітального ремонту з реконструкцією доменної печі №3 передбачається виплавка передільного чавуну. Чавун, виплавлюваний на доменній печі № 3 після капітального ремонту з модернізацією відповідає по хімічному складу межам, зазначеним у ДСТУ 3133-95 і ДСТУ 3132-95.

Состав чавуну:

| | |
|---------------------------|---------------|
| кремній, % | - 0,80 |
| марганець, % | - 0,25 |
| сірка, % | - 0,021-0,023 |
| фосфор, % | - 0,05 |
| Основність шлаку, одиниць | - 1,21-1,23 |

1.2 Основні проєктні рішення по технічному переозброєнню доменної печі і її допоміжних споруджень

1.2.1 Доменна піч із колошниковим пристроєм, піддоменник і ливарний двір

Проєктом передбачається на існуючому фундаменті спорудження нової доменної печі із самонесучим кожухом.

Профіль доменної печі передбачається з урахуванням установки безконусного завантажувального пристрою, аналогічного конструкції ПАТ «Азовсталь».

Збільшена висота горна й відстані між осями чавунних льоток і повітряних фурм до 3,7-3.8 м.

Збільшення висоти горна до зазначених параметрів сприяє:

- кращому знесірченню чавуну;
- кращим умовам для відновлення оксидів (до 30-50 % від усього чавуну);
- попередженню витиснення коксу з горна нагору при нагромадженні чавуну й шлаків;
- збільшенню нагромадження й акумуляції тепла в горні у вигляді розпеченого коксу;
- виплавці чавуну зі зниженим вмістом кремнію;
- поліпшенню розподілу в горні чавуну й шлаків у зв'язку з нахилом воронки при відпрацьовуванні продуктів плавки через чавунну льотку;
- стійкості дуттєвого режиму, тому що поменшалася ймовірність деформації фурмених вогнищ при нагромадженні чавуну й шлаків у горні;
- зниженню втрат тепла через поду у зв'язку з видаленням від зон високих температур.

Проєктом передбачається заміна кожуха печі зі збільшенням його товщини до 40-50 мм.

У зв'язку з організацією охолодження зовнішнім поливом кожух горна виконується похилим

Профіль печі з «теплим» розпаром для спирання футеровки передбачає мораторне кільце.

Існуючі колони горна й шахти демонтуються, і споруджується чотириколонна опорна система.

Чотириколонна система складається із трьох веж.

Нижня вежа складається із чотирьох широко розставлених колон, які (на рівні — вище кільцевої труби гарячого дуття) замикаються балками, у плані — у вигляді прямокутника.

Середня вежа також складається із чотирьох колон, які в плані наближені до печі на відстань достатню для організації кільцевих майданчиків шахти печі з вільними проходами й гарним доступом до кожуха й системі охолодження печі

На колони середньої вежі опирається колошниковий майданчик, і навішуються кільцеві майданчики шахти печі.

На колошниковому майданчику розміщуються приміщення насосно-аккумуляторної станції СЗУ, привода лоткового розподільника й баків-сепараторів системи випарного охолодження властиво печі.

Конструкції нижньої й верхньої вежі передбачають під час ремонту печі можливість переобпирання кожуха на чотириколонну систему.

На колошниковий майданчик опирається верхня вежа, на конструкціях якої розміщуються майданчики, устаткування завантажувального пристрою й монтажна балка.

Доменна піч охолоджується плитовими холодильниками.

У шахті, починаючи із третього ряду, у шаховому порядку встановлюються холодильники з виступом, а в останньому верхньому — тільки холодильники з виступом.

Під металевим днищем печі розміщуються труби водяного охолодження.

Футеровка поду по конструкції передбачається цільно-вуглецева з верхніми трьома рядами з мулліткорундової цегли.

Для підвищення ефективності роботи охолодження нижньої частини поду, перші два ряди із графітованих блоків і один ряд з вуглецевих укладаються горизонтально (за умовами виготовлення — теплопровідність по довжині блоку на 20-30 % вище, чим у поперечному напрямку).

Для заповнення простору між металевим днищем печі й трубами системи водяного охолодження передбачається вуглецевий бетон.

Заповнення зазорів між холодильниками й периферійними блоками передбачається холоднонабівною масою підвищеної теплопровідності.

Периферійне кільце радіальних вуглецевих блоків викладається із блоків з підвищеною теплопровідністю.

Розподіл вогнетривів по висоті футеровки фурменої зони, заплічок, шахти виконується відповідно до інструкції з футеровки доменних печей. Конструкція футеровки шахти тонкостінна.

На печі встановлюється безконусний завантажувальний пристрій лоткового типу, прийомна воронка якого обладнається аспіраційним відсмоктувачом. У куполі печі встановлюються профілемери.

Над рівнем засипу встановлюються чотири термозонди для виміру температури по радіусу печі.

Під захисними плитами колошника встановлюються дві машини для відбору проб газу по радіусу печі. Керування машинами місцеве.

Передбачається система азотоподавлення викидів з бункерів завантажувального пристрою.

Для обслуговування завантажувального пристрою передбачається монтажний візок вантажопідйомністю до 100т.

Доменна піч обладнується фурменими приладами звичайної конструкції. Фланці фурмених приладів неохолоджувані вварні.

Кількість повітряних фурм - 20.

Доменна піч обладнається двома чавунними льотками, розташованими під кутом 45°.

Для полегшення раздувок печі передбачається спорудження шлакової льотки без установки шлакового стопора. Закриття льотки забезпечується пробкою, яка фіксується до жолоба.

На доменній печі ДП-3 створюється сучасний ливарний двір з рівним робочим майданчиком без перепадів і ухилів, пристосований для роботи напольних механізмів. Такий робочий майданчик ливарного двору створен системою сталевих балок і стійок, що опираються на залізобетонні конструкції існуючого ливарного двору.

На бетонні фундаменти укладаються охолоджувані головні жолоба, транспортні жолоба опираються на металеві фундаменти. Головні й транспортні жолоба звареної конструкції, пристосовані для футеровки високостійкими вогнетривкими набивними масами й бетоном. Головні жолоба вкриваються знімними об'ємними кришками, футеровані вогнетривким бетоном.

Кришки пристосовані до підключення повітроводів системи аспірації. Усі транспортні жолоба укриваються плоскими кришками в рівні з робочим майданчиком і футеруються шаром вогнетривкого бетону.

Жолоби для спуска чавуну з головного жолоба і робочі майданчики, що й примикають до них, укриваються горизонтальними решітками без футеровки.

Хитні жолоба для чавуну й шлаків обладнані аспіраційними вкриттями з відсосами. Прорізи аспіраційних укриттів закриваються плоскими кришками, футеровані шаром вогнетривкого бетону. Стіни прорізів усередині захищені металевим екраном.

У стінах аспіраційних укриттів є отвори і вічка для обслуговування хитних жолобів і спостереження за наповненням ковшів чавуном або шлаками й пересуванням чавуновозів або шлаковозів.

На ливарному дворі ДП-3 встановлюється новий однобалковий електромостовий кран вантажопідйомністю 20/10 т з гідрогрейфером. Висота ливарного двору ДП-3 збільшується у зв'язку зі збільшенням позначки підкранової балки знову встановлюваного електромостового крана. Для обслуговування хитних жолобів, знімання кришок з аспіраційних укриттів місць зливу чавуну й шлаків, чавунних і шлакових носків жолобів, плоских кришок транспортних жолобів; – на чавунній і шлаковій стороні ливарного двору встановлюються кран-балки г/п 10 т. Для розкриття й закриття чавунних льоток передбачається установка гідропневматичних бурмашин з перфоратором і гідравлічних гармат. Установлюється один гідроманіпулятор для переміщення кришок головного жолоба.

Для розливання чавуну й шлаків у ковші передбачена встановка чотирьох хитних жолобів із гідроприводами.

У районі чавунних льоток, скімера і укриттів хитних жолобів одноноскового розливання передбачаються аспіраційні відсоси.

Майданчики поддоменніка печі знаходяться в двох рівнях. Нижній майданчик є продовженням робочого майданчика ливарного двору й має з нею однакову позначку. Майданчик другого рівня призначен для обслуговування фурмених приладів.

При проведенні ремонтних робіт у районі чавунних льоток передбачається знімна частина фурменого майданчика з використанням електромостового крана ливарного двору.

На робочому майданчику ливарного двору й поддоменніка розміщаються вбудовані приміщення пультів керування гідромеханізмами для обслуговування чавунних льоток, датчиків КВП, енергетика печі, кімната відпочинку горнових і господарські приміщення.

На робочому і фурменому майданчиках поддоменніка встановлюються виносні пульти керування водяним охолодженням печі

До робочих місць ливарного двору, головних жолобів, одноноскового розливання, на майданчиках поддоменніка й кільцевих майданчиках печі для ремонтних робіт підводять природний газ, кисень стиснене повітря.

На місці сходів шахти встановлюється вантажопасажирський ліфт зі сходовою кліткою.

1.2.2 Будинок скіпового підйомника й похилий міст. Бункерна естакада з конвеєрною шихтоподачею

Для розміщення електроустаткування й приміщення шихтоподачі будинок скіпового підйомника подовжується убік доменної печі №4.

У машзалі передбачається заміна технологічного устаткування, у т.ч. скіпової лебідки на нову — СК-1-22,5-210.

Передбачаються засоби механізації ремонтних робіт.

Існуючий похилий міст замінюється на новий, зі збереженням кута нахилу.

Необхідність заміни вагон-ваг конвеєрною шихтоподачею при реконструкції бункерної естакади продиктоване наступним;

- можливістю відсівання дрібної фракції агломерату (0-5мм);
- об'єктивністю при зважуванні компонентів шихти;

- поліпшенням умов праці обслуговуючого персоналу за рахунок підвищення ефективності аспіраційної системи (надійне вкриття місць пилення, адресний відсос запиленого повітря, вологе збирання території й ін.), а також за рахунок механізації ремонтних робіт і заміни устаткування (установка вантажопідійомних засобів і шляхів евакуації устаткування).

Передбачається заміна існуючої подачі шихтових матеріалів вагон-вагами конвеєрною автоматизованою системою (АСШ) подачі шихтових матеріалів від бункерів до скіп, з відсіванням дріб'язку агломерату й коксу перед завантаженням у бункерні ваги.

Автоматична система шихтоподачі складається з бункерів і комплексу механізмів, що здійснюють набір, дозування по вазі й завантаження в скіпи коксу, агломерату, окатишів і добавок, відсівання й зважування дріб'язки агломерату й коксу, підйом її в бункери дріб'язки для відвантаження в вагони. Усі механізми АСШ працюють в автоматичному режимі (крім видачі дріб'язку в вагони) і постачені технологічними й аварійними блокуваннями.

Прийняте наступне компонування устаткування бункерної естакади:

- 4 бункера гарячого агломерату (500°C) розміщуються в центрі над скіповою ямою;
- бункера холодних шихтових матеріалів розміщуються з боків від неї, а саме: коксу - 2 бункера праворуч і 3 бункера ліворуч (бункера коксу виконані здвоєними для скорочення кількості гуркотів коксу);
- окатишів - 2 бункера праворуч і 6 бункерів ліворуч.

Бункера дріб'язку агломерату й коксу встановлюються на тензодатчики, що дозволяє визначити кількість відсіваємої дріб'язки й, порівнюючи із завантаженими в піч агломератом і коксом, контролювати фактичну ефективність відсівання.

При такій схемі розміщення бункерів і устаткування забезпечуються наступні запаси матеріалів:

- агломерат - 4 бункера: $2 \times 120 = 240 \text{ м}^3$ і $2 \times 80 = 160 \text{ м}^3$, загальна ємність 400 м^3 запас 3,0 години;
- кокс - 5 бункерів: $4 \times 120 = 480 \text{ м}^3$ і $1 \times 80 = 80 \text{ м}^3$, загальна ємність 560 м^3 , запас 4,4 години;
- окатиші - 8 бункерів по 40 м^3 , загальна ємність 320 м^3 , запас 8,8 годин;

- добавки - 8 бункерів по 40 м³, загальна ємність 320 м³;
- відсівання дріб'язку коксу, % - 6; 2 бункера по 40 м³, запас 8,5 годин;
- відсівання дріб'язку агломерату, % - 18; 2 бункера по 60 м³, запас 6 годин.

Установлене устаткування при роботі двома сторонами й подачі АА-КК забезпечує 15,5 подач на годину. При роботі двома сторонами й програмою подачі АК-АК - 11,6 подач на годину.

При роботі однієї стороною (вийшов з ладу гуркіт агломерату або ваги коксу) і програмою подач АА-КК - 7,1 подач на годину.

При роботі однієї стороною й програмою завантаження АК-АК - 8,5 подач на годину.

Для механізації робіт з ремонту устаткування шихтоподачі передбачається установка вантажопідійомних засобів і устаткування механізації ремонту.

Забезпечені нормативні проходи й доступ до всього встановленого устаткування. Усі місця пиловиділення вкриті й від укриттів запилене повітря видаляється за допомогою механічної витяжної вентиляції. На нижній позначці бункерної естакади організоване мокре збирання попів. Верхні перекриття виконуються ґратчастими.

1.2.3 Пиловловлювач із газоходами. Аспірація

Проектом передбачається заміна пиловловлювача з газоходами. Проектом також передбачається заміна устаткування пиловловлювача з організацією безпилового розвантаження й конвеєрної подачі колошникового пилу в приймальні бункери аглофабрики.

Для видалення пилу й газів, що утворюються на ливарному дворі в процесі випуску й транспортування вогненно-рідких продуктів плавки, а також у скіповій ями й вирви завантажувального пристрою, передбачається місцева витяжна вентиляція від укриття, що порошить технологічного устаткування.

Для захисту атмосферного повітря від пилу, аспіраційне повітря перед викидом в атмосферу, зазнає відчищення в рукавному фільтрі Ф-11500 з імпульсною продувкою рукавів стисненим повітрям. Евакуація аспіраційного повітря здійснюється за допомогою чотирьох димососів ДН-26.

З метою економії споживаної електроенергії продуктивність тягодувних машин регулюється протягом випуску продуктів плавки й між випусками.

Здійснення всього комплексу намічених заходів дозволить поліпшити техніко-економічні показники роботи доменної печі № 3 і цеху в цілому: за рахунок зниження витрати коксу й позапланових простоїв; підвищення температури дуття; поліпшення умов праці обслуговуючого персоналу; оздоровити екологічну обстановку в регіоні за рахунок зниження викидів шкідливих речовин в атмосферу; одержати вторинні продукти за рахунок утилізації тепла від систем випарного охолодження.

1.2.4 Блок повітрянагрівачів. Установка для підігріву повітря горіння й опалювального газу

Проєктом передбачається на існуючому фундаменті спорудження блоку з 3^х безшахтних повітрянагрівачів з купольною системою опалення. Передбачається місце для можливості спорудження 4^{го} повітрянагрівача.

Замість, що зносяться, споруджуються нові димар і труба для узяття печі «на тягу». Передбачається високоефективна блокова насадка з діаметром каналу 30мм. Форкамера зі струйно-вихровою подачею газу й повітря встановлена вгорі купола й має незалежну опору кладки на кожух. Діаметр самого купола для незалежної опори його кладки на кожух збільшується незначно, і повітрянагрівачі цієї конструкції добре вписуються в існуючий габарит блоку.

Розміщення устаткування з боку тракту гарячого дуття на високих позначках дозволило в рівні з робочим майданчиком печі розмістити приміщення станцій гідропневмомеханізмів, електроустаткування.

Блок повітрянагрівачів обладнується крановою естакадою із кранбалкою в/п 10т, над якою споруджується приміщення баків-сепараторів системи охолодження клапанів гарячого дуття повітрянагрівачів.

Подача повітря горіння здійснюється зі спорудженням централізованої станції повітря горіння. Нагрівання повітрянагрівачів передбачається сумішшю доменного й природного газу.

Проєктом передбачений підігрів повітря горіння й опалювального газу для повітрянагрівачів до температури 180-200 °С.

Для утилізації тепла в димовому тракті повітронагрівачів перед димарем встановлюється теплообмінник, у якому нагрівається органічний теплоносіє. Нагрітий до температури 190-260°C, теплоносіє надходить в окремо розташовані теплообмінники, через які проходить доменний газ і повітря горіння. Для доменного газу передбачені індивідуальні теплообмінники для кожного повітронагрівача. Повітря нагрівається загалом, для блоку повітронагрівачів теплообміннику. Теплообмінники виконуються з оребрених труб.

У якості теплоносія обрана кремнійорганічна поліметілоксанова рідина ПМР-60 з температурою кипіння більш 300°C, температура застигання - 60°C. Виробник - ПАТ «Кремнійполімер», м. Запоріжжя. Циркуляція здійснюється насосами НК210/80 (один робочий, два резервні).

1.2.5 Будинок керування доменною піччю

Проектом передбачається спорудження нового будинку керування доменною піччю замість існуючого.

Будинок керування піччю розміщується над пиловою залізничною колією поруч із пиловловлювачем з боку доменної печі № 4.

У будинку керування піччю розміщуються наступні приміщення: ЦПК майстра печі; мережного устаткування; електрощитів; газоаналізаторів; кондиціонерів; апаратного зв'язку; сантехнічне; лебідок.

1.2.6 Водопостачання, водовідведення й система випарного охолодження печі

Водопостачання доменної печі № 3 умовно-чистою водою передбачене від оборотного циклу водопостачання ТЕЦ-ПВС доменного й мартенівського цехів без скидання стічних вод у водойми.

Після проведення ремонту введена система охолодження доменної печі, в обсяг якої входить:

- охолодження плит поду, горна й фурменої зони;
- охолодження фурмених і шлакових приладів;
- охолодження накладних холодильників горна;

- охолодження фурм відбору статичного тиску;
- зовнішній полив кожуха;
- подача води на заливання в піч;
- резервування системи випарного охолодження (СВО);
- підведення води до підстанцій №№ 9, 10;
- підведення води до аспіраційної установки, ливарного двору;
- підведення води до скомкувача.

Охолодження заплічок і шахти печі переведене з водяного на випарне охолодження.

На заливання печі подається вода $P = 0,95$ МПа з фільтрувального відділення по двом водоводах (500 мм подається на піч).

Постійна витрата води тиском 0,5 МПа на доменну піч становить 1500 м³/ч. Максимальна витрата води з урахуванням періодичних витрат (резерв СВО, зовнішній полив кожуха) становить 2293 м³/ч.

Охолодження печі здійснюється від десяти пунктів керування.

Забезпечення споживачів водою ДП-3 зберігається на існуючому рівні.

Для подачі води на піч проєктом ПКВ «Запоріжсталі» передбачається насосна станція високого тиску з установкою двох типів насосів:

а) насоси ЦВК 2/125 (один робочий, другий резервний) продуктивністю ПРО = 18 м³/год, $H = 125$ м, $P = 48$ кВт.

б) насоси Д200-90 (один робочий, другий резервний) продуктивністю ПРО = 200 м³/год, $H = 90$ м, $P = 90$ кВт.

Насос використовується як протипожежний і подає воду на пожежогасіння й на видування печі під колошниковим пристроєм при ремонті печі.

Водовід подачі води в приміщення гідроприводів теплоізолюваний мінераловатними напівциліндрами (40 мм).

Таким чином, реконструкція доменної печі №3 комбінату «Запоріжсталь» передбачає цілу низку технічних прийомів, що дадуть можливість за невеликий термін провести технічне переозброєння печі та запустити її в роботу з можливістю покращення виробничих, технологічних, екологічних та інших показників.

2 КОНСТРУКЦІЙНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок профілю печі по методу академіка Павлова М.А.

початкові дані:

добова продуктивність печі - 3000 т/добу;

коефіцієнт використання корисного об'єму печі КВКО – 0,502 м³·доб/т;

відносна витрата коксу - 0,495 т/т чавуну;

інтенсивність горіння коксу - 0,986 т/м³·доб;

витрата природного газу - 92 м³/т чавуну;

сумарний прихід вуглецю (ΣС) - 0,425 т/т чавуну.

Визначення корисного об'єму доменної печі:

Корисний об'єм доменної печі:

$$V_n = KBKO \cdot P = 0,502 \cdot 3000 = 1506 \text{ м}^3.$$

Для подальших розрахунків обсяг печі V_n приймаємо рівним 1513 м³.

Висота печі:

Повна висота доменної печі:

$$H = \sqrt[3]{\frac{V_n Z^2}{X}} = \sqrt[3]{\frac{1513 \cdot 3,2^2}{0,53}} = 30,8 \text{ м}$$

Приймаємо $H = 30,75 \text{ м}$

Корисна висота доменної печі:

$$H_{\text{кор}} = H - h_a = 30,75 - 2,3 = 28,45 \text{ м}$$

Діаметр розпариться:

$$D = \frac{H}{3,2} = \frac{30,75}{3,2} = 9,6 \text{ м}$$

Діаметр горна:

$$S = \frac{K}{I_G} ; K = \frac{\Sigma CP}{C_K} = \frac{0,43 \cdot 3016}{0,89} = 1457 \text{ м} ;$$

$$I_{\Gamma} = 26,4 \cdot 1,25 = 33 \text{ м} / \text{м}^2 ; S = \frac{1457}{33} = 44 ;$$

$$d_{\Gamma} = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 44}{3,14}} = 7,5 \text{ м.}$$

Правильність розрахунку діаметру сурми перевіряється по відношенню D/d_{Γ} .

У нашому випадку $D/d_{\Gamma} = 9,6 / 7,5 = 1,28$.

Перевіряємо співвідношення $V_{\Pi} / S = 1513/44 = 34,4$.

Діаметр колошника визначається з рівності $d_{\kappa}/D = 0,63-0,67$. Приймаємо 0,67, тоді $d_{\kappa} = 0,67 \cdot 9,6 = 6,4 \text{ м}$.

Висота горна: $h_{\Gamma} = h_{\Phi} + a$;

$$h_{\Phi} = \frac{PV'_{\Gamma}}{S} = \frac{3000 \cdot 0,055}{44} = 3,75 \text{ м,}$$

де $a = 0,5 \text{ м}$;

V'_{Γ} - обсяг горна від осі чавунної льотки до осі повітряних фурм на 1 т добового виплавки, $\text{м}^3 \cdot \text{доб}/\text{т}$. приймаємо рівним 0,055.

$$h_{\Gamma} = 3,8 + 0,5 = 4,3 \text{ м.}$$

Висота заплічок при куті нахилу ($\beta=81^{\circ}07'$):

$$h_3 = \frac{D - d_{\Gamma}}{2 \text{ctg} \beta} = \frac{9,6 - 7,5}{2 \text{ctg} 81^{\circ}07'} = \frac{2,1}{2 \cdot 0,1990} = \frac{1,3}{0,398} = 3,3 \text{ м.}$$

Приймаємо 3,2 м.

Висоту розпару приймаємо рівною 1,8 м.

Висота шахти:

$$h_{\text{ш}} = \frac{D - d_{\kappa}}{2 \text{ctg} \alpha} = \frac{9,6 - 6,4}{2 \text{ctg} 85^{\circ}02'} = \frac{3,2}{2 \cdot 0,1081} = \frac{3,2}{0,2162} = 17,3 \text{ м.}$$

Кут нахилу шахти приймаємо $\alpha=85^{\circ}02'$.

Висоту колошника знаходимо по різниці загальної корисної висоти печі і суми висот інших елементів профілю:

$$h_{\kappa} = H_{\text{кор}} - (h_{\Gamma} + h_3 + h_p + h_{\text{ш}}) = 28,45 - (4,3 + 3,2 + 1,8 + 17,3) = 28,45 - 26,6 = 1,85 \text{ м.}$$

Приймаємо 2,3 м

Висота колошника знаходиться в рекомендованих межах.

Контрольний розрахунок обсягів окремих частин профілю.

Розрахувавши основні розміри елементів профеля доменної печі, визначаємо її обсяг, підсумовуючи обсяги окремих частин профілю.

Обсяг горна:

$$V_{\Gamma} = \frac{\pi d_{\Gamma}^2}{4} h_{\Gamma} = \frac{3,14 \cdot 7.5^2}{4} \cdot 3.2 = 141 \text{ м}^3.$$

Обсяг заплічок:

$$V_3 = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_{\Gamma}}{2} \right) + \left(\frac{d_{\Gamma}}{2} \right)^2 \right] \cdot h_3 =$$

$$= \frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9.6}{2} \right)^2 + \left(\frac{9.6}{2} \cdot \frac{7.5}{2} \right) + \left(\frac{7.5}{2} \right)^2 \right] \cdot 3,2 = \frac{3,14}{3} (23 + 18 + 23) \cdot 3,2 = 214 \text{ м}^3.$$

Обсяг розпару:

$$V_p = \frac{\pi D^2}{4} h_p = \frac{3,14 \cdot 9.6^2}{4} \cdot 1,8 = 130 \text{ м}^3.$$

Обсяг шахти:

$$V_{III} = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_K}{2} \right) + \left(\frac{d_K}{2} \right)^2 \right] \cdot h_{III} =$$

$$\frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9.6}{2} \right)^2 + \left(\frac{9.6}{2} \cdot \frac{6.4}{2} \right) + \left(\frac{6.4}{2} \right)^2 \right] \cdot 17,3 = \frac{3,14}{3} (23 + 15 + 10) \cdot 17,3 = 869 \text{ м}^3$$

Обсяг колошника:

$$V_K = \frac{\pi \cdot d_K^2}{4} \cdot h_K = \frac{3,14 \cdot 6.4^2}{4} \cdot 2.3 = 269,6 \cong 74 \text{ м}^3$$

Корисний об'єм доменної печі:

$$V_K = V_{\Gamma} + V_3 + V_p + V_{III} + V_K = 141 + 214 + 130 + 869 + 74 = 1428 \text{ м}^3.$$

Діаметр великого конуса:

$$d_{BK} = D_K - 1,9 = 6,4 - 1,9 = 4,5 \text{ м.}$$

Кількість повітряних фурм:

$$n = 2d_r + 1 = 2 \times 7,5 + 1 = 16 \text{ шт}$$

2.2 Розрахунок профілю печі за методом Рамма А.Н.

Нормальний профіль доменної печі

Корисний об'єм доменної печі 1513 м^3

Діаметр розпару: $D = 0,59 \cdot V_{II}^{0,38} = 0,59 \cdot 1513^{0,38}$;

$$D = 0,59 \cdot 1513^{0,38} = 9,5 \text{ м}$$

Діаметр горна: $d_r = 0,32 \cdot V_k^{0,45} = 0,32 \cdot 1513^{0,45} = 8,6 \text{ м}$;

Діаметр колошника: $d_k = 0,59 \cdot V_k^{0,33} = 0,59 \cdot 1513^{0,33} = 6,6 \text{ м}$;

Повна висота доменної печі: $H = 5,55 \cdot V_k^{0,24} = 5,55 \cdot 1513^{0,24} = 32,17 \text{ м}$;

Корисна висота доменної печі: $H_{\text{кор}} = 0,88 \cdot H = 0,88 \cdot 32,17 = 28,3 \text{ м}$.

Висота горна: $h_r = 0,10 \cdot H = 0,10 \cdot 32,17 = 3,2 \text{ м}$.

Висота заплічок: $h_3 = 3,2 \text{ м}$.

Висота розпару: $h_p = 0,07 \cdot H = 0,07 \cdot 32,17 = 2,25 \text{ м}$.

Висота шахти: $h_{\text{ш}} = 0,63 H - 3,2 = 0,63 \cdot 32,17 - 3,2 = 17,06 \text{ м}$.

Висота колошника: $h_k = 0,08 \cdot H = 0,08 \cdot 32,17 = 2,57 \text{ м}$.

Перевіряємо обсяг доменної печі по знайденим значенням окремих елементів профілю.

$$\text{Обсяг горна: } V_r = \frac{\pi d_r^2}{4} h_r = \frac{3,14 \cdot 8,6^2}{4} \cdot 3,2 = 186 \text{ м}^3.$$

$$\text{Обсяг заплічок: } V_3 = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_r}{2} \right) + \left(\frac{d_r}{2} \right)^2 \right] \cdot h_3 =$$

$$= \frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9,5}{2} \right)^2 + \left(\frac{9,5}{2} \cdot \frac{8,6}{2} \right) + \left(\frac{8,6}{2} \right)^2 \right] \cdot 3,2 = \frac{3,14}{3} (23 + 20 + 18) \cdot 3,2 = 204 \text{ м}^3.$$

$$\text{Обсяг розпариться: } V_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_p = \frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} \cdot 2,3 = 159 \text{ м}^3.$$

Обсяг шахти:

$$V_{ш} = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_k}{2} \right) + \left(\frac{d_k}{2} \right)^2 \right] \cdot h_{ш} =$$

$$\frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9,5}{2} \right)^2 + \left(\frac{9,5}{2} \cdot \frac{6,6}{2} \right) + \left(\frac{6,6}{2} \right)^2 \right] \cdot 17,84 = \frac{3,14}{3} (23 + 16 + 11) \cdot 17,06 = 892 \text{ м}^3$$

$$\text{Обсяг колошника: } V_k = \frac{\pi d_k^2}{4} \cdot h_k = \frac{3,14 \cdot 6,6^2}{4} \cdot 2,57 = 89 \text{ м}^3$$

Обсяг доменної печі:

$$V_{п} = V_{г} + V_{з} + V_p + V_{ш} + V_k = 186 + 204 + 159 + 892 + 89 = 1530 \text{ м}^3.$$

Геометрично подібний профіль доменної печі

$$\text{Діаметр розпару: } D = 0,83^3 \sqrt{V_{п}} = 0,83^3 \sqrt{1513} = 0,83 \cdot 17,1 = 9,5 \text{ м.}$$

$$\text{Діаметр горна: } d_{г} = 0,9 \cdot D = 0,9 \cdot 9,5 = 8,55 \text{ м.}$$

$$\text{Діаметр колошника: } d_k = 0,7 \cdot D = 0,7 \cdot 9,5 = 6,65 \text{ м.}$$

$$\text{Повна висота печі: } H = 3,35 \cdot D = 3,35 \cdot 9,5 = 31,8 \text{ м.}$$

$$\text{Корисна висота печі: } H_{кор} = 2,95 \cdot D = 2,95 \cdot 9,5 = 28 \text{ м.}$$

$$\text{Висота горна: } h_{г} = 0,35 \cdot D = 0,35 \cdot 14,2 = 3,325 \text{ м.}$$

$$\text{Висота заплічок: } h_{з} = 0,35 \cdot D = 0,35 \cdot 9,5 = 3,325 \text{ м.}$$

$$\text{Висота розпару: } h_p = 0,20 \cdot D = 0,20 \cdot 9,5 = 1,9 \text{ м.}$$

$$\text{Висота шахти: } h_{ш} = 1,8 \cdot D = 1,8 \cdot 9,5 = 17,1 \text{ м.}$$

$$\text{Висота колошника: } h_k = 0,24 \cdot D = 0,24 \cdot 9,5 = 2,28 \text{ м.}$$

Перевіряємо обсяг доменної печі по знайденим значенням окремих елементів профілю.

$$\text{Обсяг горна: } V_{г} = \frac{\pi d_{г}^2}{4} h_{г} = \frac{3,14 \cdot 8,55^2}{4} \cdot 3,325 = 191 \text{ м}^3.$$

$$\text{Обсяг заплічок: } V_{з} = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_{г}}{2} \right) + \left(\frac{d_{г}}{2} \right)^2 \right] \cdot h_{з} =$$

$$= \frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9,5}{2} \right)^2 + \left(\frac{9,5}{2} \cdot \frac{8,55}{2} \right) + \left(\frac{8,55}{2} \right)^2 \right] \cdot 3,325 = \frac{3,14}{3} (23 + 20 + 18) \cdot 3,325 = 212 \text{ м}^3.$$

Обсяг розпару: $V_p = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot h_p = \frac{3,14 \cdot 9,5^2}{4} \cdot 1,9 = 135 \text{ м}^3.$

Обсяг шахти:

$$V_{ш} = \frac{\pi}{3} \left[\left(\frac{D}{2} \right)^2 + \left(\frac{D}{2} \cdot \frac{d_k}{2} \right) + \left(\frac{d_k}{2} \right)^2 \right] \cdot h_{ш} =$$

$$\frac{3,14}{3} \left[\left(\frac{9,5}{2} \right)^2 + \left(\frac{9,5}{2} \cdot \frac{6,65}{2} \right) + \left(\frac{6,65}{2} \right)^2 \right] \cdot 17,1 = \frac{3,14}{3} (23 + 16 + 11) \cdot 17,1 = 894 \text{ м}^3$$

Обсяг колошника:

$$V_k = \frac{\pi \cdot d_k^2}{4} \cdot h_k = \frac{3,14 \cdot 6,65^2}{4} \cdot 2,28 = 79 \text{ м}^3.$$

Корисний об'єм доменної печі:

$$V_{кор} = V_{г} + V_{з} + V_p + V_{ш} + V_k = 191 + 212 + 135 + 894 + 79 = 1511 \text{ м}^3.$$

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Обґрунтування використання завантажувального пристрою лоткового типу

Технічний прогрес в проєктуванні конструкцій доменних печей, підготовці шихтових матеріалів до плавки, вдосконаленні технології призводить до зростання виробництва металу і одночасно ускладнює завдання оперативного регулювання процесу виплавки чавуну в доменному агрегаті. Важливим практичним питанням нової технології доменної плавки є вдосконалення програм і способів завантаження доменних печей.

Сучасна доменна шихта складається в основному з коксу і агломерату, об'ємний вміст яких в кожній подачі майже однаково. Кути природного укосу цих матеріалів мало відрізняються між собою. Тому регулювання розподілу шихти по радіусу колошника ускладнюється. Одним із шляхів збільшення виробництва чавуну є застосування більш оригінальних програм і способів завантаження [2].

Шлях розвитку доменного виробництва протягом останніх десятиліть складався в зниженні потреби в вуглєці як відновнику. На це було націлене застосування природного, коксового газів і інших відновлювальних добавок. До теперішнього часу цей шлях в значній мірі вичерпав себе, про що свідчить зниження ступеня прямого відновлення заліза в ряді випадків до значень, близьких до граничних. Даною обставиною підвищується актуальність зниження витрати коксу на основі скорочення потреби в вуглєці саме як в джерелі тепла, наприклад за рахунок вдосконалення розподілу матеріалів і газового потоку, подальшого підвищення нагріву дуття, нагріву добавок до дуття, зниження виходу шлаку, вмісту кремнію в чавуні і тепловтрат. Підвищення при цьому ступеня прямого відновлення заліза зрушує граничні витрати відновлювальних добавок в сторону великих їх значень. Важливим є також супутнє цьому підвищення інтенсивності плавки, яке здійснюється без збільшення витрати дуття і підвищення вмісту кисню в ньому.

Зниження витрати палива в доменному процесі шляхом скорочення потреби в вуглєці як джерелі тепла в порівнянні зі зменшенням потреби в вуглєці як відновник супроводжується одночасним підвищенням інтенсивності плавки і є для сучасних умов більш актуальним і перспективним. Мета досягається за рахунок

вдосконалення розподілу матеріалів і газового потоку, скорочення тепловтрат і зниження вмісту кремнію в чавуні, а також при подальшому підвищенні температури дуття, нагріванні добавок до дуття, зниженні виходу шлаку [3].

Важливе місце в роботі доменної печі займає завантаження її шихтових матеріалів. Вимоги до завантаження шихти обумовлені закономірностями безперервного технологічного процесу, заснованого на протитечії матеріалів і газів в печі шахтного типу. До них відносяться закономірності газодинамічних і теплообмінних процесів, фізико-хімічних перетворень, взаємодії матеріалів і газів з елементами конструкцій і устаткування печі. Управління формуванням протитечії матеріалів і газів в значній мірі визначає ефективність роботи і тривалість компанії доменної печі. Раціональний розподіл матеріалів і газів в печі досягається дозуванням і формуванням порцій шихтових матеріалів, вибором режимів завантаження шихти (метод управління зверху), вибором параметрів дуття (метод управління знизу).

Управління зверху є основним прийомом досягнення максимального використання теплової та відновлювальної енергії газового потоку при інтенсивному веденні плавки і рівному стійкому сході матеріалів. Сучасна доменна шихта складається в основному з коксу і агломерату, об'ємний вміст яких в кожній подачі майже однаковий. Кути природного укосу цих матеріалів мало відрізняються між собою. Тому регулювання розподілу шихти по радіусу колошника ускладнюється. Компоненти шихти складаються з шматків різної величини і форми. Пори між шматками утворюють сполучені між собою звивисті канали, по яких рухаються гази, здійснюючи теплову і відновну роботу. Важливими характеристиками шихтових матеріалів є сегрегація при зсипання, в результаті якої більші шматки скочуються в периферійну зону, а дрібні в центральну, і схильність утворювати при зсипання конус, форма якого характеризується кутом природного укосу матеріалу. Цими властивостями матеріалів користуються для перерозподілу газів в печі.

У зв'язку з великим розходженням гранулометричного складу і середньої крупності коксу і залізородних матеріалів розподіл рудної навантаження по радіусу в стовпі шихти в доменній печі є вирішальним фактором, що визначає газопрopusкную здатність печі в цілому, а також характер розподілу по радіусу і

ступінь використання теплової та хімічної енергії газу в печі. Одним з основних факторів, за яким ведеться управління доменної плавкою зверху, є необхідний розподіл рудної навантаження по площі колошника. Правильний розподіл рудного навантаження на колошнику печі дозволяє ефективно використовувати енергію газових потоків і сприяє інтенсифікації процесу [4].

Створення нерівномірності розподілу рудного навантаження по радіусу підвищує газопрпускну здатність печі, причому більшою мірою це підвищення досягається при збільшенні нерівномірності за рахунок розвантаження осьової зони печі [5]. Нормальна робота печі характеризується рівним ходом, основними ознаками якого є:

- плавний і стійкий сход шихтових матеріалів з усталеними швидкостями по всьому перетину печі;
- стабільне заданий розподіл матеріалів по перетину печі, що забезпечує максимальне використання фізичної і хімічної енергії газового потоку і, отже, мінімальний для даних умов плавки витрата енергоресурсів;
- стійкий тепловий стан, що забезпечує виплавку чавуну заданого складу;
- постійні параметри газодинамічного режиму - теоретична температура горіння, кінетична енергія дуття і швидкість газу в шахті;
- ритмічна видача продуктів плавки.

Основні вимоги до завантажувального пристрою печі:

- завантаження підготовлених порцій шихти з необхідним резервом по продуктивності;
- можливість ефективного управління розподілом матеріалів по перетину колошника;
- забезпечення герметичності робочого простору печі;
- забезпечення вибухопожежобезпеки та захисту атмосфери;
- стійкість в умовах абразивних потоків шихтових матеріалів і запиленних газів при великих динамічних і термічних навантаженнях;
- ремонтпридатність [6]

При істотних змінах шихтових умов, в першу чергу гранулометрії і міцності

залізорудних матеріалів і коксу, а також при виявленні ознак посилення периферійного або центрального ходу печі необхідно відповідним чином змінювати режим завантаження.

У печі можуть розвиватися осьовий або периферійний ходи, хід каналами, обривами. Попереджати або ліквідувати ці порушення можна тільки узгодженням режимів завантаження і газодинаміки в нижній і у верхній частинах печі.

Для ліквідації периферійного ходу в залежності від ступеня його розвитку застосовують режими завантаження, що збільшують частку залізовмісних матеріалів на периферії, системи завантаження, що звільняють осьову зону від рудної частини, відновлення оптимальних параметрів дуття.

Для ліквідації надмірного осьового ходу печі необхідно поліпшити газопроникність периферії, зберігаючи проникність центру на достатньому рівні, і потім довантажувати його.

У разі канального ходу по перетину печі є один або кілька ділянок з високою газопроникністю обумовленою розпушуючою дією газового потоку при невідповідності газодинамічного режиму гранулометричному складу шихти, Для ліквідації канального ходу на печі при наявності безконусного завантажувального пристрою, що застосовують секторне завантаження залізовмісних матеріалів в район поверхні засипу, де встановлено наявність каналу.

Тривала нерівномірна робота печі по колу викликає односторонній розпал вогнетривкої кладки, призводить до погіршення використання теплової та хімічної енергії газового потоку, зниження продуктивності і збільшення витрати коксу. Для регулювання розподілу газового потоку по колу печі на печах з безконусним завантажувальним пристроєм застосовується секторний режим або управління розкриттям шихтових затворів бункерів безконусного завантажувального пристрою з метою компенсації нерівномірності окружного розподілу шихти [7]

Різного роду порушення в завантаженні шихтових матеріалів, поряд з іншими причинами, можуть викликати важкі розлади в роботі доменної печі - холодний хід, гарячий хід, хід з обривами і підвисаннями шихти, захаращення горна, утворення на стінках настилей.

Сучасні технологічні вимоги до радіального розподілу шихтових матеріалів, що визначають ефективність використання теплової та відновлювальної енергії

газу, а також інтенсивність процесу плавки, можуть бути сформульовані наступним чином:

1. Розподіл рудних навантажень повинен формуватися в рамках циклу завантаження і змінюватися від величини, близької до нуля в центрі, до максимального значення 5-7 на відстані 0,8 радіуса від центру зі зменшенням до периферії на 15-20% [4, 6] .

2. Розподіл обсягів шихтових матеріалів за цикл має забезпечувати формування заданого профілю засипу з урахуванням розподілу швидкостей сходу і фізико-механічних властивостей шихти. Зміна профілю в межах циклу повинно обмежувати протягом шихтових матеріалів по поверхні засипу.

3. Газопроникність стовпа шихтових матеріалів повинна бути максимальною в центрі печі, зменшуватися до середньої зони і на периферії досягати помірної величини, її значення слід визначати з урахуванням зони плавлення.

В історії розвитку техніки завантаження доменних печей можна виділити два етапи, які привели до якісних змін в технології доменного виробництва. Перший етап пов'язаний з появою і широким поширенням двохконусних засипних апаратів, які прослужили досить тривалий історичний термін завдяки своїй простоті, можливостям підвищення тиску на колошнику і установки їх на печах будь-якого обсягу. В даний час ці апарати працюють ще на багатьох доменних печах. За тривалий період використання двохконусних апаратів зазнали численні удосконалення, з'явилися трьохконусні апарати. Однак більшість модифікацій стосувалося в основному конструкції апарату і в меншій мірі - технології завантаження печі.

Принципово завантаження двохконусним апаратом здійснюється суцільними кільцями, що утворюються при зсипання шихтових матеріалів з великого конуса, і її можна віднести до технології кільцевих завантажень. Розташування кілець шихти на поверхні колошника визначається декількома факторами, головними з яких є висота рівня засипу, обсяг порції і послідовність видів завантажених матеріалів.

При конусних завантажувальних пристроях траєкторія падіння матеріалів в піч є стабільною, а профіль поверхні шихти на колошнику, як правило, має форму конічної воронки. Для управління радіальним розподілом шихти змінюють порядок завантаження матеріалів, рівень засипу, масу подачі. Сталість траєкторії зсипання

шихтових матеріалів з конуса призводить до того, що вся маса шихтових матеріалів потрапляє в порівняно вузьку кільцеву зону, з якої матеріали при опусканні перерозподіляються по площі колошника.

Технологічні можливості двохконусних апаратів були розширені завдяки появі рухомих колошникових плит, за допомогою яких можна "довантажувати" центральну частину печі. Незважаючи на певні переваги, двоконусні апарати не забезпечують досить рівномірного і ефективного завантаження. Це пов'язано з тим, що окружна нерівномірність по масі і гранулометричному складу шихти, що утворюється при накопиченні матеріалів на великому конусі, зберігається під час завантаження їх у піч. Крім того, через вивантаження шихти з великого конуса по практично постійній траєкторії не вдається ефективно впливати на формування профілю шихти по радіусу печі.

Необхідність поліпшення рівномірності завантаження і більш ефективного формування профілю шихти по радіусу колошника, обмежені можливості двохконусних апаратів - з'явилися передумовою до створення безконусних завантажувальних пристроїв лоткового типу (БЗП). Їх широке поширення ознаменувало новий етап у розвитку техніки завантаження доменних печей. Ці апарати не мають запірних конусів і в якості розподільника шихти в них використовують обертовий лоток, здатний змінювати кут нахилу до горизонту і завантажують піч одним спрямованим струменем. При цьому здійснюється технологія струменевого або однопоточного завантаження. Найбільших успіхів у створенні лоткових апаратів домоглася фірма "П. Вюрт". Її апарати встановлені більш ніж на 160 доменних печах в різних країнах світу.

Завдяки лотковим апаратів значно поліпшена технологія доменного виробництва. Перш за все, знижена окружна нерівномірність розподілу шихтових матеріалів, забезпечено отримання заданого профілю завантаження. Найважливішою перевагою лоткових апаратів є можливість секторного і точкового завантаження. За даними [6], при використанні лоткових БЗП досягається зниження питомої витрати коксу на 3 - 5% і на стільки ж збільшується продуктивність печі. В даний час лоткові апарати визнані найвищим досягненням в техніці завантаження доменних печей [8].

Безконусний завантажувальний пристрій з обертовим зі зміною кута нахилу

лотком дозволяє селективно розподілити завантажуються шихтові матеріали по всій площі колошника доменної печі, забезпечуючи режими завантаження: кільцеве, багатокільцеве, орієнтоване (в точку), секторальне. Безконусний завантажувальний пристрій розширює можливості оператора печі в глибокому регулюванні розподілу шихти і в управлінні шихтовим потоком.

Основним режимом завантаження на печах, обладнаних безконусним завантажувальним пристроєм, є багатокільцевий цикл з подачею певної кількості коксу в осьову зону колошника. Це забезпечує найбільш рівномірний окружний розподіл матеріалів і таку укладку їх по радіусу колошника, при якій вміст CO_2 зберігається майже постійним здебільшого радіуса, помітно знижуючи тільки у стінки колошника і в його осьовій зоні, де створюються сприятливі умови для більш інтенсивного розвитку газового потоку. Ширина цих зон встановлюється такою, щоб при існуючій шихті і заданій інтенсивності плавки отримати максимальну ступінь використання відновної здатності газу.

Оптимальний розподіл рудних навантажень визначається для стабільного ходу печі і відповідає умовам найвищої ефективності доменної плавки. У разі відхилення з яких-небудь причин ходу печі від нормального для отримання кращих техніко-економічних показників повинна змінюватися в залежності від розподілу рудних навантажень по радіусу. Найважливішим елементом найбільш досконалих режимів завантаження є створення в центральній зоні коксової подушки, що забезпечує формування в середній і периферійній зонах колошника кільця залізовмісних матеріалів, які не перекривають осьову зону і забезпечують необхідний ступінь її розкриття [9].

Як показали дослідження, температура поверхні засипу з достатньою достовірністю характеризує інтенсивність газового потоку на окремих ділянках перетину колошника. Це може бути використано для виявлення утворюються каналів і своєчасної їх ліквідації зміною рудного навантаження на окремих ділянках поверхні колошника.

Аналіз роботи доменної печі з різним характером розподілу газів і шихти, а також результатів розрахункового визначення температур показав, що для зміни температури поверхні засипу на $100\text{ }^\circ\text{C}$ необхідно рудне навантаження змінити на $0,2 \dots 0,3$ т/т коксу в центральній і на $0,4 \dots 0,6$ т/т коксу в периферійних зонах. Як

показали проведені дослідження, при використанні безконусного завантажувального пристрою лоткового типу, зміна рудного навантаження в різних радіальних зонах можна досягти шляхом зміни кутових положень лотка, на який висипається порція матеріалу.

Вимірювання температури поверхні засипу дає можливість здійснювати безперервний контроль за раціональним розподілом газового потоку. Характер розподілу температур поверхні засипу узгоджується з розподілом температур під рівнем засипу, а крива розподілу CO₂ по радіусу являє дзеркальне відображення кривих розподілу температур [10].

Автоматизований контроль температури поверхні засипу здійснюється за допомогою системи «Спіротерм» шляхом сканування за двома спіралями - від периферії до центру і від центру до периферії. Пристрій відображення інформації встановлюється в приміщенні центрального пульта управління піччю [8, 9]

Розроблений фірмою «Пауль Вюрт» безконусний завантажувальний пристрій забезпечує ряд переваг:

- контроль за розподілом шихти на рівні засипу дозволяє добитися значної економії палива (коксу) і відповідного зростання продуктивності;
- рішення проблеми ущільнення двоконусного засипного апарату і виливки конусів для великих доменних печей. Форма і розмір ущільнення, використовуваного в безконусному завантажувальному пристрої, дозволяють досягти проєктних показників, або збільшити колошниковий тиск;
- селективне завантаження дрібних матеріалів (3x8 мм) по периферії печі, захищає таким чином стіни від високого теплового навантаження, стала наріжним каменем технології, спрямованої на забезпечення довгої кампанії печі;
- поточні ремонти скорочуються до 30% часу, необхідного при використанні конусних завантажувальних пристроїв і пристроїв з рухомими відбійними плитами;
- термін служби головного редуктора БЗП становить 10-15 років між

замінами. Це значно перевищує час між замінами конусів.

Були розроблені безконусні завантажувальні пристрої, що задовольняють потреби доменних печей всіх розмірів:

- конструкція БЗП з центральною (осьовою) подачею дозволяє мінімізувати ефект вагової сегрегації матеріалу при розподілі шихти;
- компактне БЗП було встановлено на ряді печей з добовою продуктивністю 3000 - 3500 т чавуну. Установка цього типу БЗП не вимагає тривалого простою печі, переробки похилого мосту, верхній частині конструкції або купола печі. Розподільчий лоток замінюється через корпус редуктора;
- розроблена конструкція так званого міні-БЗП для невеликих доменних печей з робочим об'ємом до 650 м³. Компоненти даного типу БЗП розраховані на 4 - 5-річну кампанію печей такого типу [11].

Тривала експлуатація показала, що застосування цього БЗП забезпечує в порівнянні з типовим двоконусним апаратом: економію коксу, підвищення продуктивності до 12%; зменшення простоїв з вини завантажувального пристрою на 65%; зниження загальних витрат на обслуговування і ремонт до 80%.

Але головним критерієм оцінки досконалості завантажувального пристрою є його можливості в управлінні радіальним і окружним розподілом шихти і газового потоку в об'ємі печі, так як таке управління - основний технологічний прийом підвищення ступеня використання теплового і відновного потенціалів пічних газів, досягнення високої інтенсивності плавки при рівному і стійкому сході шихти.

Застосовувані і пропоновані до застосування засипні апарати поступаються БЗП конструкції фірми «Пауль Вюрт» за наступними показниками: точності вагового дозування і гнучкості його програмування; точності засипки матеріалу в заданий район колошника; витраті енергоносіїв на власні потреби (охолодження, обдув і підтримання необхідного тиску в порожнині редуктора); надійності систем електроприводу, гідроприводу і автоматики; зручності робіт з ремонту та обслуговування; досконалості і уніфікації комплектуючих вузлів і агрегатів; кількості раніше виготовлених і успішно експлуатованих пристроїв, досвіду заводу-виготовлювача; безпечним для навколишнього середовища в експлуатації.

3.2 Порівняння завантажувальних пристроїв «воронка-скліз» і лоткового типів з точки зору якості розподілу матеріалів

3.2.1 Безконусний завантажувальний пристрій типу «воронка-скліз»

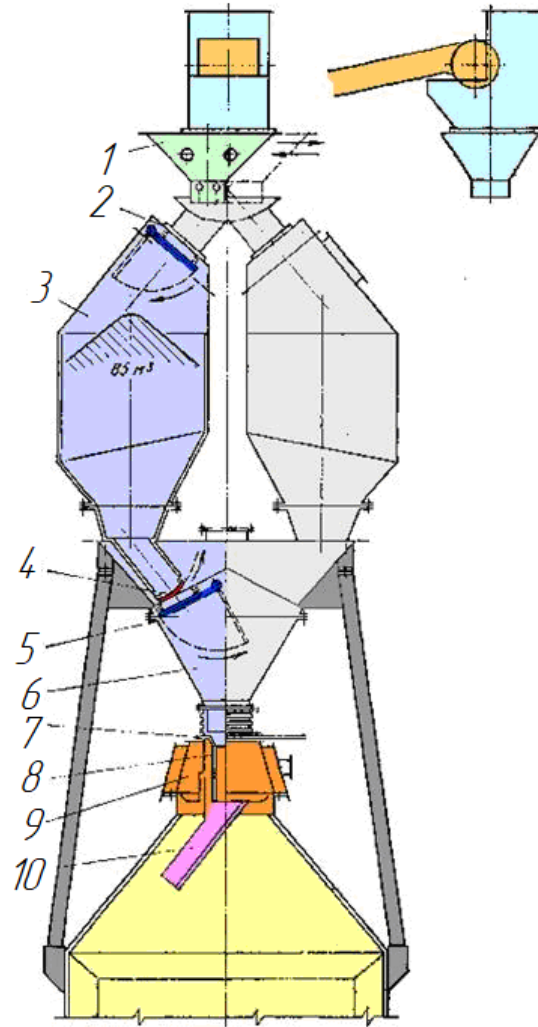
Одним з основних напрямків підвищення техніко-економічних показників доменної плавки є застосування безконусних завантажувальних пристроїв (БЗП), розробка і впровадження раціональних режимів завантаження, створення, освоєння і вдосконалення обладнання систем завантаження.

Безконусні завантажувальні пристрої дозволяють організувати практично безперервне завантаження печі при оптимальному розподілі шихтових матеріалів по всьому перетину колошника, а також коригувати і змінювати режим завантаження в широких межах.

На підставі результатів досліджень і досвіду експлуатації першого вітчизняного БЗП, встановленого в листопаді 1982р. на доменній печі №6 комбінату «Криворіжсталь», ВНДІМЕТМАШ-УЗТМ розробили новий варіант обертового розподільника (типу «воронка - скліз») з совкової насадкою у горловини воронки і вдосконалили окремі елементи конструкції БЗП.

Безконусний завантажувальний пристрій (БЗП) конструкцій ВНДІМЕТМАШ-УЗТМ забезпечує прийом шихтових матеріалів, їх шлюзування і розподіл по колу і радіусу колошника відповідно до заданої програми [12].

Подача матеріалів в БЗП (рис. 3.1) здійснюється скіпами. БЗП складається з: приймальної воронки, двох заслінок приймальної воронки, двох проміжних бункерів, двох верхніх газоушільнюючих клапанів, двох вихлопних зрівняльних клапанів, наповнювальних зрівняльних клапанів, шихтового затвора, двох нижніх газоушільнюючих клапанів, двох відсічних пристроїв, приводу розподільника, воронки з совкової насадкою, що обертається, склізу і двох похилих течок.



1 - пересувна воронка; 2 – заслінка; 3 - шлюзові накопичувальні бункери з верхнім 2 і нижнім 5 газозушлюючими тарічастими клапанами; 4 - шихтовий затвор секторного типу; 6 - конічна воронка; 7 - гідрофіковані відсічні пристрої; 8 - вертикальна тічка; 9 - електромеханічний привід; 10 - розподільний лоток

Рисунок 3.1 - Схема безконусного завантажувального пристрою

Програмне завдання забезпечує:

- дві програми завантаження (А і Б);
- завантаження порцій циклами відповідно до програми роботи шихтоподачі, автоматичне чергування порцій в циклі завантаження (максимальне число порцій в циклі при використанні обох програм - 12), зміна від одного до трьох кількості кутів неузгодженості і заданий час

обертання скліза і воронки на кожному куті неузгодженості при розсіпкун однієї порції шихти;

- пряме і зворотне чергування кілець при розсіпкун порції;
- задане положення розподільника (гаражне положення) в момент відкриття шихтового затвора для кожної порції в циклі;
- число гаражних положень - 12 (крок 30°);
- зрушення гаражних положень для тих же порцій наступного циклу на кут кратний 30° щодо гаражних положень попереднього циклу;
- розсіпкун порцій по одному з режимів (кільцевому, багатокільцевому, віяловому, точковому, секторному);
- контроль виду матеріалу заданого і розвантажувати для кожної порції в циклі;
- ручне коригування номера порцій і програми розсіпки.

Основною принциповою відмінністю розподільника цього типу БЗП є оснащення випускного отвору обертової воронки совковою насадкою, що формує потік шихти при русі його по склізу. Бічні стінки цієї насадки не дають матеріалу розосереджуватися по поверхні склізу широким шлейфом і тому концентрований його потік за своїм характером стає близьким потоку, утвореному лотком.

Крім того, розподільник БЗП обладнаний системою вимірювання маси воронки, що обертається, що дає можливість здійснювати контроль за завантаженням матеріалів в піч.

В ході дослідження розподілу матеріалів на колошнику доменної печі перед її задування з використанням робочих мас порцій коксу і агломерату (25т і 6,4т відповідно) отримані наступні результати.

Встановлено, що матеріали при падінні зі склізу зустрічаються зі стінкою циліндричної частини колошника тільки при кутах неузгодженості 0° , 15° , 30° і 45° (рис. 3.2).

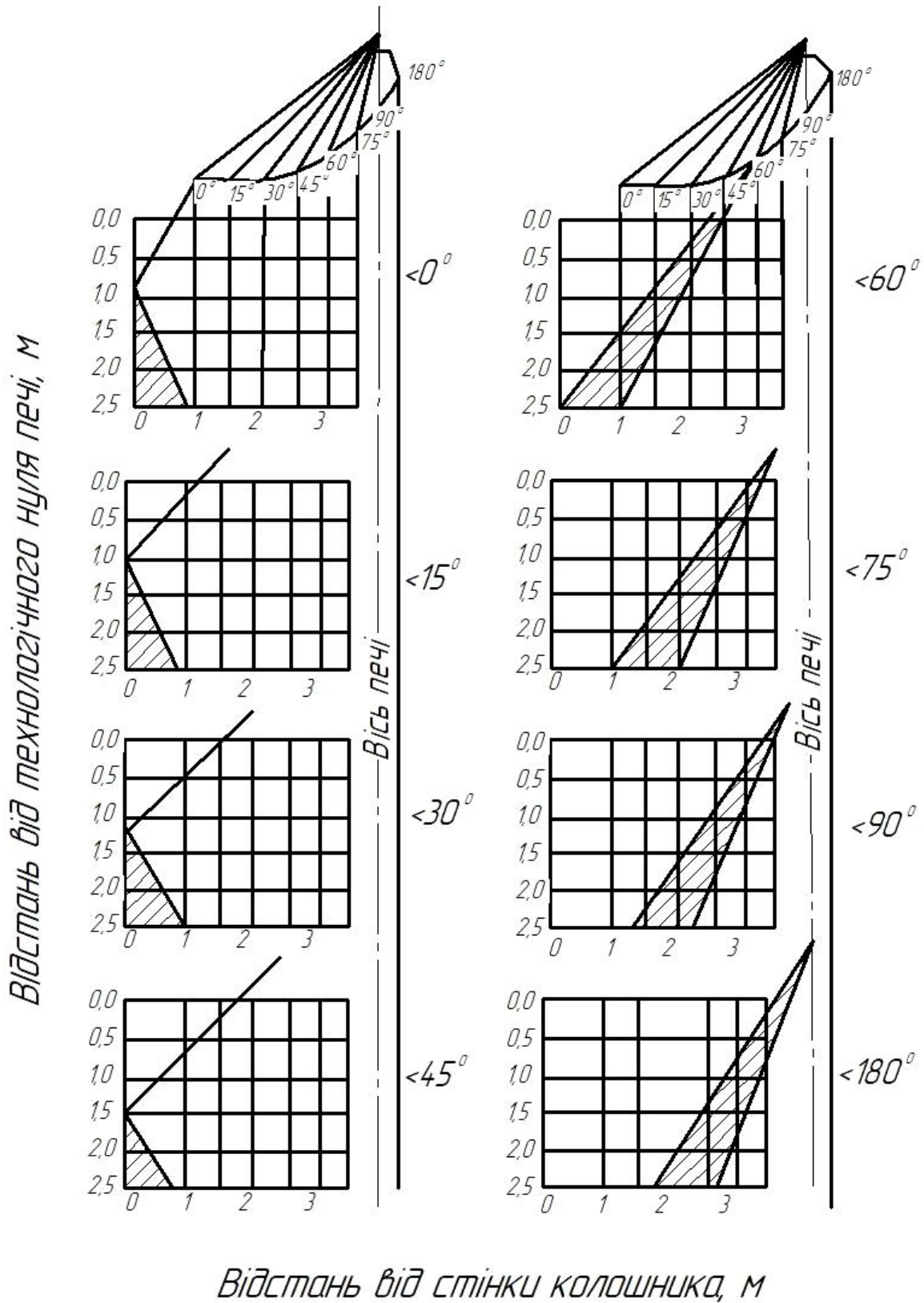


Рисунок 3.2 - Траекторії падіння матеріалів з склизу і точки зустрічі їх з згонкою колошника доменної печі при наявності совкової насадки

Слід зазначити, що вже при рівні засипу 1,25м кути 0° і 15° втрачають своє значення і їх використання стає недоцільним. Тільки при підвищенні рівня засипу до 1,0м або більше ці кути можуть бути введені в цикл завантаження.

Починаючи з кута 60° матеріали падають на поверхню шихти в цілому захисних плит і розсипаються шлейфом шириною 0,85 м від стінки печі.

З переходом на кути неузгодженості 75° і 90° потік матеріалу відходить ще далі від стінок колошника і на рівні 2,5 м укладається від нього відповідно на відстані 0,9 і 1,2 м при ширині шлейфу 0,9 і 0,75 м.

Необхідно відзначити, що при падінні коксу з кута 180° не влучає точно в центр колошника, а розсипається в радіусі 0,9 м від осі печі, з шириною шлейфу 0,85 м.

Поєднання кутів 30° і 45° добре перекидає периферію шаром, що прилягає до стінки колошника при рівні засипу 1,25м.

Для дослідження розподілу матеріалів на колошнику в якості бази був прийнятий цикл завантаження: КК - 180° , РР - 60° , КК - 30° , РР - 30° , КК - 45° , РР - 30° .

Порція коксу при падінні з кута неузгодженості 180° не утворила компактний пагорб, як передбачалося, а розосередилася по поверхні шихтових матеріалів. Як видно з рис.4.3, кокс повністю наклав майже весь діаметр колошника.

Досліджуючи дані вимірів профілю поверхні шихтових матеріалів по всім чотирьом діаметрам колошника, відзначена досить висока окружна нерівномірність їх розподілу (таблиця 3.1).

У таблиці 4.1 звертає на себе увагу те, що окружна нерівномірність розподілу агломерату значно більше, ніж у коксу. Якщо для залізородних матеріалів на цій печі вона становила 50-60%, то для коксу 20-40%. Винятком є тільки четверта порція, де шар коксу мав нерівномірність 77,3%. Щоб зменшити окружну нерівномірність необхідно робити завантаження за спеціальною програмою з використанням «гаражних» положень.

Існуюча програма управління завантаженням передбачає зміщення початку вивантаження подальшої порції щодо попередньої в циклі на кут - 30° . Зсув між початком вивантаження останньої порції попереднього циклу і подальшої порції нового циклу відбувається також на кут - 30° . Величина окружної нерівномірності розподілу шихтових матеріалів на колошнику доменної печі по рудному навантаженні в межах циклу становить 12,1%.

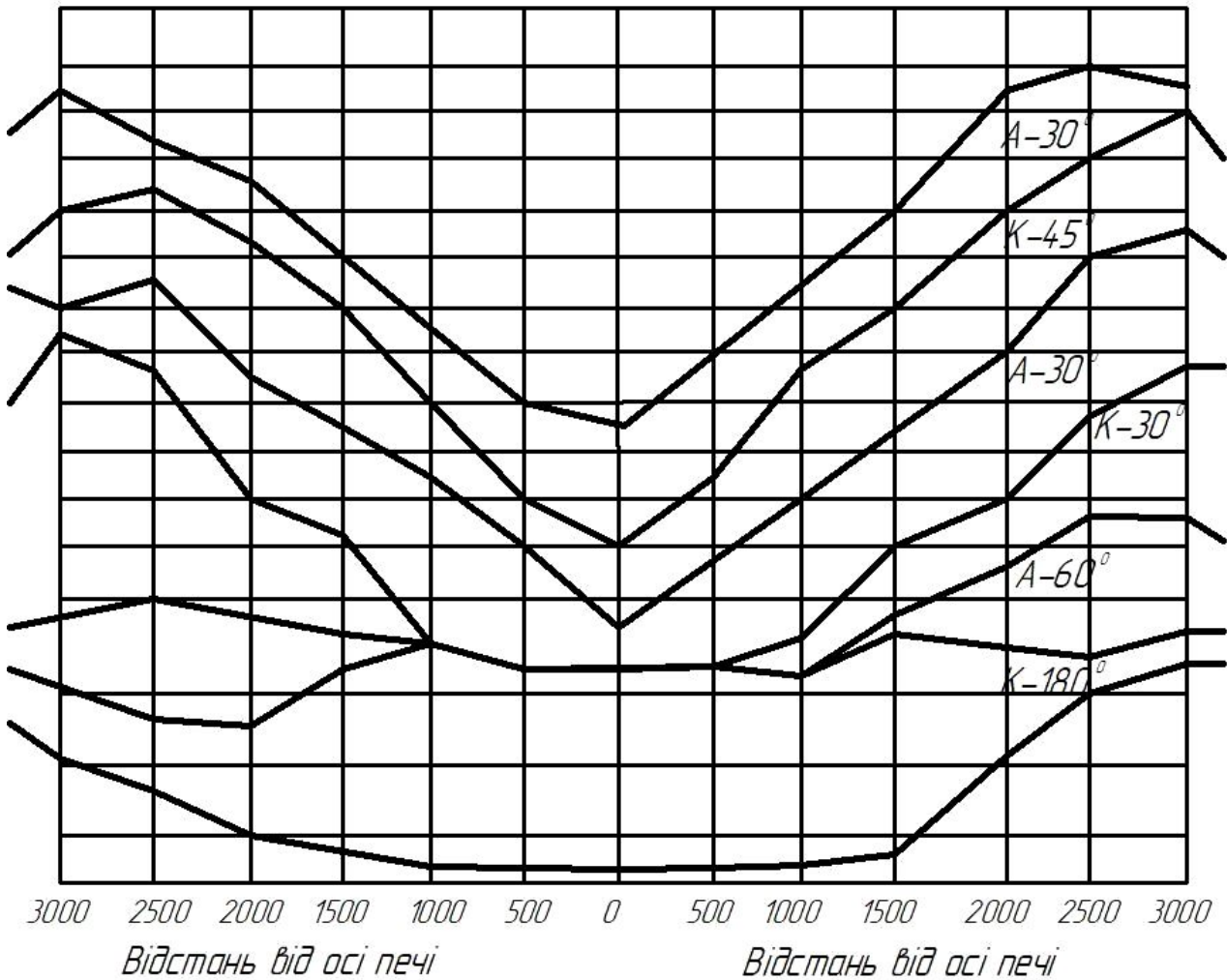


Рисунок 3.3 - Розподіл порцій коксу і агломерату по діаметру колошника доменної печі при завантаженні циклом: КК-180, РР-60, КК-30, КК-45, РР-30

Таблиця 3.1 - Окружна нерівномірність розподілу шихтових матеріалів на доменній печі №5 комбінату Запоріжсталь

| Номер порції | Найменування порції | Середні площі, займані матеріалами по радіусу колошника, м ² | | | | | | | | Середня окружна нерівномірність |
|--------------|---------------------|-------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-------------------|-----------------|----------------|-----------------|----------------|---------------------------------|
| | | Газовідві д № 1 | Пилевлов лювач | Газовідві д № 2 | Повітрян агрівачі | Газовідві д № 3 | Нахил-ний міст | Газовідві д № 4 | Ливарни й двір | |
| 1 | A30 | 11,82 | 13,0 | 12,84 | 15,95 | 13,82 | 18,73 | 11,57 | 13,91 | 51,32 |
| 2 | K45 | 12,96 | 18,33 | 13,12 | 12,5 | 16,51 | 13,05 | 15,24 | 15,53 | 39,79 |
| 3 | A30 | 17,49 | 11,13 | 19,82 | 13,37 | 18,79 | 14,56 | 16,43 | 18,7 | 53,3 |
| 4 | K30 | 16,66 | 20,3 | 16,35 | 10,16 | 9,55 | 13,35 | 12,0 | 12,7 | 77,34 |
| 5 | A60 | 10,62 | 10,6 | 9,37 | 11,86 | 11,83 | 11,22 | 13,93 | 17,63 | 70,47 |
| 6 | K180 | 21,31 | 18,6 | 20,0 | 19,4 | 20,37 | 16,87 | 20,63 | 17,5 | 20,9 |

В зв'язку з тим, що в БЗП типу «воронка - скліз» орган для замикання і регулювання витрати шихти з бункера виконаний у вигляді двощелепного затвора, встановленого на вертикальному випускному патрубку бункера, на відміну від конструкції фірми "Пауль Вюрт", має секторний (однощелепний) затвор на похилій тічці, то у БЗП, що має накопичувальну обертову воронку, можливості до регулювання витрати шихти значно нижче, ніж в «прямоточних» БЗП.

Повний діапазон величин розкриття шихтового затвора за характером закінчення матеріалу можна розділити на чотири зони. При розкритті затвора на 150-170 мм витікання шихти відсутнє. При збільшенні зазору витікання нестійке, з підстоями. Тільки зміна зазору від 250 до 750 мм призводить до однозначної зміни витрати шихти, причому залежність його від зазору досить близька до прямолінійної. Збільшення зазору понад 750 мм на витрату шихти практично не впливає (при діаметрі випускного отвору 870 мм).

Результати досліджень показують, що совкова насадка на шкарпетці обертової воронки формує кут сектора розтікання шихти по склізу до 45° - 50° . Завдяки цьому потік матеріалів, що сходять зі скліза, значно ущільнюється, збільшується його товщина.

Максимум радіальної щільності потоку починає віддалятися від стінки колошника при $\alpha = 50^{\circ}$ (рис. 3.4).

Ширина кільцевої зони колошника, безпосередньо завантажується основною частиною потоку шихти, становить при $\alpha=100^{\circ}$ не більше 1000 мм, а величини максимумів кількості шихти 40 - 53%. При $\alpha>100^{\circ}$ концентрація потоку дещо знижується, оскільки шихта зсипається, частково або повністю минаючи скліз по бічних напрямних насадки.

Недоліком такого розподільника шихти є невеликий діапазон кутів неузгодженості α , зміна яких призводить до плавного зміщення розташування максимуму кількості матеріалів по радіусу колошника.

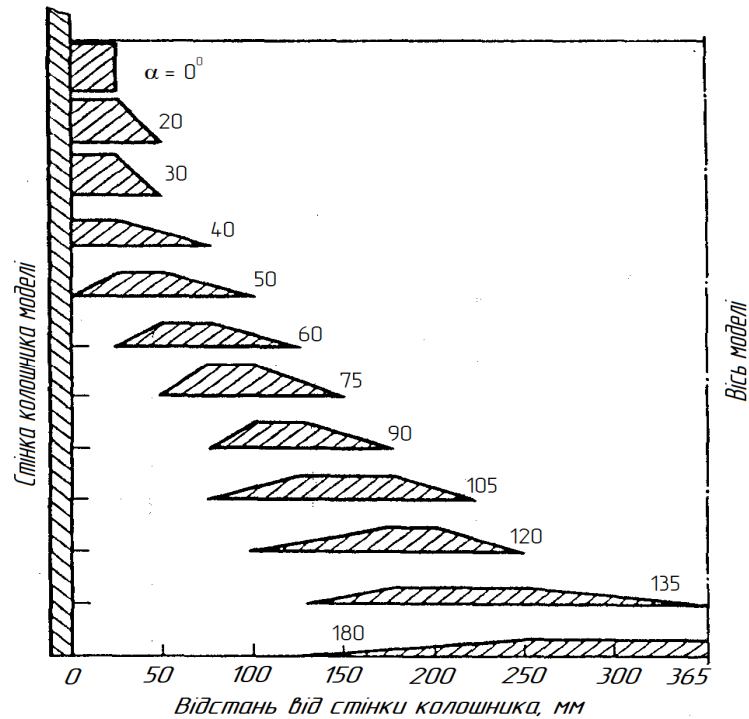


Рисунок 3.4 – Схема розподілення матеріалів в потоці по кільцевим зонам колошника в залежності від зміни α від 0 до 180° воронки та склізу. Рівень засипу 1500 мм. Носок воронки з совкою насадкою

3.2.2 Безконусний завантажувальний пристрій лоткового типу

Основні вузли БЗП лоткового типу розроблено колективами Діпромеза, Азовсталі та Азовмаша (рис. 3.5): приймальна воронка, газовідсічні клапани і лоткові розподільник шихти - виконані на основі винаходів та патентів.

Приймальна воронка - стаціонарна, що дозволяє надійно вирішити питання укриття зони розвантаження скіпів і герметичного стикування приймальної воронки з горловинами бункерів. Крім того, приймальна воронка змонтована на відкатній платформі з метою звільнення монтажної зони для вантажопідйомних засобів на час виробництва ремонтів.

У газовідсічних клапанах застосовані металеві контактні поверхні сідла і тарелі, наплавлені зносостійкими матеріалами: релітовими наплавленнями, стрічкою ПЛ-АН-111 та ін.

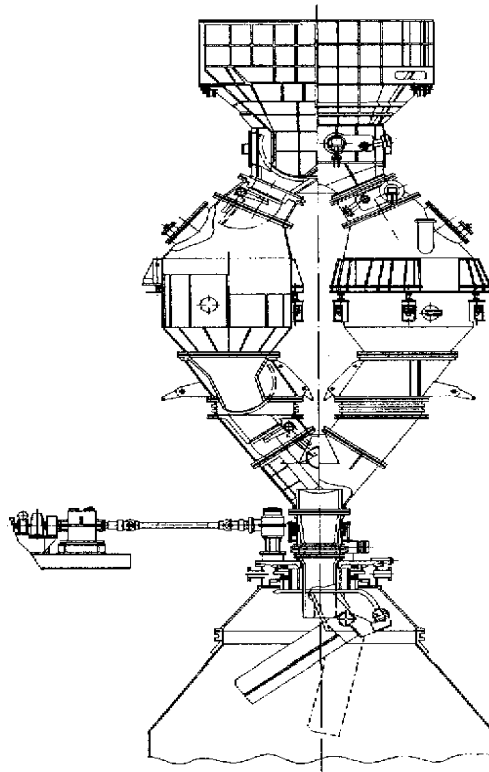


Рисунок 3.5 - Безконусний завантажувальний пристрій конструкції
Діпромеза, Азовсталі та Азовмаша

Автоматичне управління завантаженням здійснюється відповідно до програми, в основу якої покладено цикл завантаження. Зазвичай він складається з 12 – 24, що чергуються в певному порядку порцій коксу і залізовмісних матеріалів. Кожна порція завантажується в один бункер. Програмою задається черговість заповнення бункерів, вид матеріалу, що завантажується і кутові положення розподільного лотка, при яких порція вивантажується в піч.

Обертний розподільний лоток має 11 фіксованих положень кута нахилу від 0 до 53°, що дозволяють подавати шихту в будь-яку зону колошника. Зазвичай програма передбачає поділ по масі залізорудної порції на 2-4 частини, а коксу на 3-5 частин. Укладання частин проводиться кільцями від периферії до центру.

Бункери завантажувального пристрою встановлені на масдозах, що виробляють сигнал, пропорційний масі бункера. Масодозуючий пристрій визначає масу матеріалу, розподіляє порівну на задану програмою кількість частин і видає команди на зміну кута нахилу лотка після закінчення кожної частини шихти.

Рівномірне по висоті укладання матеріалу досягається тим, що крок зміни

кута нахилу лотка заданий збільшується в міру зменшення кута між лотком і віссю печі так, щоб площі кілець матеріалу, завантаженого при різних кутових положеннях, були рівні.

У задану програму завантаження ввели не тільки діапазон зміни кутових позицій лотка під час вивантаження порції шихти, а й бажану кількість кілець укладання матеріалу на колошнику в кожній позиції. При цьому відстеження поточної маси матеріалу в бункері по ходу висипання дозволяє автоматично коригувати кут розкриття шихтового затвора для «замикання» останнього кільця укладання шихти в кожній кутовій позиції лотка.

Для вирівнювання поверхні засипу, що забезпечує підтримання оптимального газорозподілу по колу печі, зона з підвищеною швидкістю сходу шихти підвантажується шляхом виведення з «командного» режиму зонда, що відстає (одного з трьох встановлених), тобто завантаження шихти в піч починається від двох будь-яких зондів, що досягли «міри».

У режимі сегментного завантаження матеріалу в заданому діапазоні окружності колошника лоток переводиться в режим уповільненого обертання, що забезпечує завантаження щодо більшої маси матеріалу в заданий район колошника.

Уповільнення обертання лотка над заданим сегментом колошника може бути встановлено для всіх кутових позицій його в циклі завантаження або тільки для верхніх або нижніх. Уповільнення обертання на всіх кутових позиціях лотка забезпечує підвантаження всій площі обраного сегмента і застосовується, як правило, для вирівнювання нагріву горна по секторам льоток, коли відмінність вмістів кремнію в чавуні по окремим льоткам перевищує $\pm 0,3\%$.

Уповільнення обертання лотка на верхніх кутових позиціях циклу підвантажує периферію сегмента і може бути застосовано для регулювання газопроникності стовпа шихти в обраній зоні. Вантаження коксом збільшує газопроникність верхньої «сухої» частини стовпа шихти, підвантаження залізородним матеріалом знижує. Вибирається матеріал для підвантаження уповільненням обертання з урахуванням температури периферійних газів, складу радіального газу, характеру роботи зондів, [Si] по льоткам, роботи повітряних фурм, стану гарнісажу низу шахти і заплічок печі. Припустимо регулювання з

уповільненням обертання лотка до 40% порцій того чи іншого матеріалу в циклі подач з перервами 1 - 4 год для аналізу отриманого ефекту.

Уповільнення обертання на крайніх нижніх кутових позиціях лотка забезпечує підвантаження залізорудної частиною шихти приосьової зони печі. Завантаження в даному режимі може бути використане для поліпшення дренажної здатності горна в прилеглому до певної тічки секторі. Тривалість застосування сегментного завантаження в цьому випадку визначається аналізом змін показників роботи лютки з видачі рідких продуктів плавки і виходу коксографітового сміття, вмісту кремнію в чавуні, цинку і лугів в шлаку.

Розподільник лоткового типу забезпечує необхідну концентрацію матеріалів при зсіпанні в усі зони колошника (рис. 3.6). Радіальна ширина безпосередньо завантаженої кільцевої зони становить 750 мм. Максимальна концентрація шихти в проміжній частині колошника становить 35 - 50%, а в периферійній зоні - 52 - 85%.

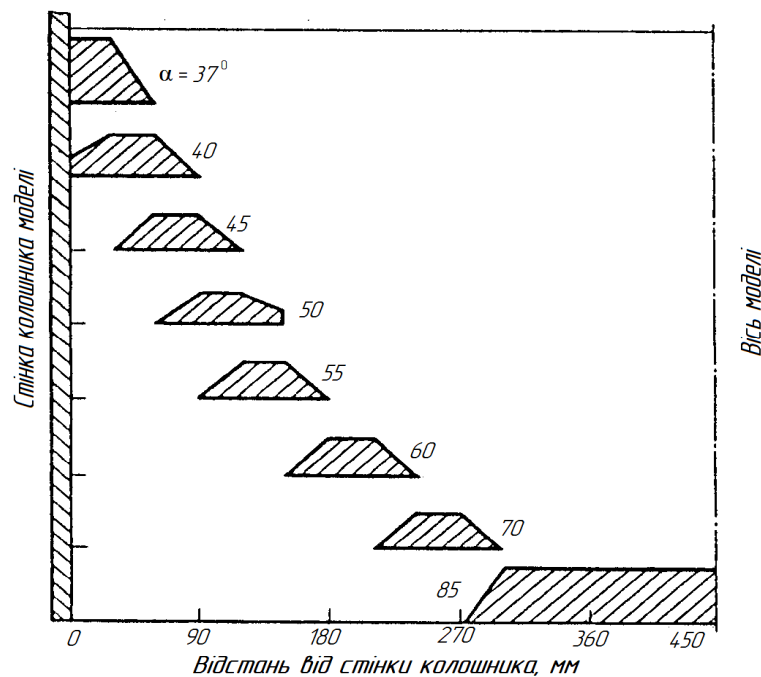


Рисунок 3.6 - Схема розподілу матеріалів на колошнику моделі в залежності від зміни кута нахилу лотка до горизонту від 37° до 85° . Рівень засипу 1500 мм

Найкращий результаті дав цикл завантаження виду: К-7-5; Р-7-6; К-7-4; Р-7-4; К-6-3; Р-6-3; К-7-4; К-4-3; Р-7-4 (маса залізорудної порції 95 т, рівень засипу 1,4 м), де цифрами вказується діапазон кутових положень лотка, при використанні яких

завантажували порції коксу (К) і залізорудних матеріалів (Р). Середнє рудне навантаження склало - 3,83.

Зміна рудного навантаження по радіусу колошника встановилося (табл. 3.2) близьким до найкращого, що пояснюється кращим використанням відновлювальної здатності газу.

Таблиця 3.2 - Розподіл рудних навантажень по зонах радіусу колошника

| Середня температура периферії, $t_{п}$, °С | Середнє рудне навантаження, R, т / т | Швидкість сходу подач, $V_{п}$, од / год. | Кутові положення лотка | | | | | | | |
|---------------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|------------------------|---|------|------|------|------|------|---|
| | | | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 |
| 195 | 3,83 | 7,76 | 0 | 0 | 5,06 | 5,25 | 3,54 | 2,71 | 1,58 | 0 |

Важливим фактором, що забезпечує стабільний хід доменної печі, є рівномірний окружний розподіл шихти. Виконаний аналіз окружного розподілу шихтових матеріалів при завантаженні печі БЗП показав, що за два циклу максимальне відхилення рудного навантаження становить всього 3,5%, тоді як за перший цикл воно дорівнювало - 6%, а за другий - 6,1%. Максимальна лінійна нерівномірність по величинам рудних навантажень в подачі 1 (порції К і Р) склала - 10,5%. Окружна нерівномірність по масі при розвантаженні порції коксу має максимальне значення 10,5% і 10,8%, в порціях № -1 і № 3 відповідно. По розвантаженню залізовмісної частини шихти максимальне значення окружної нерівномірності 7,8% і 7,1%, в порціях № -2 і № -18 відповідно.

Таким чином, досить висока окружна нерівномірність в окремих порціях і подачах нівелюється в одному циклі, а тим більше за два цикли.

Окружний розподіл матеріалів при БЗП з лотковим розподілом шихти є задовільним і забезпечує нормальну роботу печі.

Лотковий розподільник володіє широкими можливостями регулювання розподілу шихти і рядом важливих особливостей роботи, які дозволяють забезпечити раціональний розподіл шихтових матеріалів і ефективно використання газового потоку в ДП.

Програма циклу завантаження, що забезпечує заданий розподіл рудного навантаження по радіусу печі може бути складена шляхом досить великої кількості поєднань різних наборів кутових положень під час вивантаження порцій шихтових матеріалів. За допомогою вибору раціонального набору можна організувати

розподіл шихти без істотного її зміщення по схилу профілю. Таким чином ступінь впливу пересипання матеріалів за профілем засипу зменшується, а отже, все більша частина вивантажених шихтових матеріалів залишається в тих кільцевих зонах, в які вони завантажуються розподільником.

Застосування на ДП-9 комбінату «Криворіжсталь» раціонального режиму завантаження дозволило зменшити витрату коксу на 7 кг/т чавуну і збільшити виробництво чавуну на 270 т/добу.

3.3 Ефективність роботи завантажувального пристрою лоткового типу

3.3.1 Вплив структури стовпа шихтових матеріалів на хід доменної плавки

Численні дослідження, проведені за допомогою «зондування» діючих доменних печей, і вивчення стовпа шихти після охолодження печей підтверджують той факт, що хід доменної плавки в значній мірі визначається динамічною структурою сформованого стовпа шихтових матеріалів в сухій і пластичній зонах.

Основними показниками структури стовпа шихти є питомі характеристики розподілу матеріалів і газів, які визначають температурно-тепловим і фізико-хімічним режими по висоті і перетину печі.

Для того, щоб гарантувати нормальний хід доменної плавки, не захаращувати центр печі і горн і забезпечити їх теплом, доводиться центральну частину печі розвантажувати від рудної складової шихти. Ступінь розвантаження центру, в залежності від стану печі і умов плавки, різна.

Останнім часом з метою підвищення використання газу, а відповідно, скорочення витрат коксу, з'явилася тенденція до все більшого підвантаження центрального перетину печі і більш раціонального укладання матеріалів в проміжному перетині між периферією і центром за допомогою засипних апаратів, спеціальних пристроїв і систем завантаження.

Практика експлуатації доменних печей показала, що найбільш раціональною є L - образна форма кривої розподілу температур газу по радіусу колошника (рис. 3.7). Однак кількісне уточнення раціонального розподілу шихти і газу по радіусу печі повинно здійснюватися для кожної печі з її конкретними умовами роботи індивідуально.

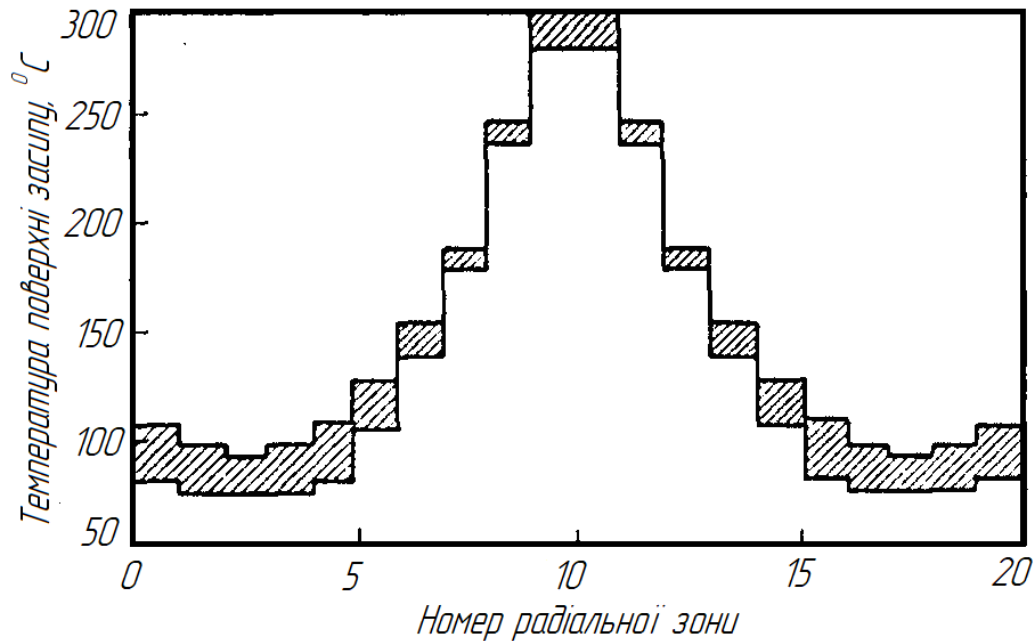


Рисунок 3.7 - Раціональний розподіл температур поверхні по радіусу колошника доменної печі

Практика роботи доменних печей підтвердила ефективність такого розподілу. Зниження кількості і температури периферійних газів зменшує втрати тепла через стінку і покращує температурно-теплові умови роботи футеровки, холодильників і кожуха печі. Теплові втрати в низу печі скорочувалися в 1,1 - 1,3 рази, в верху - в 1,5 - 2,0 рази, а економія коксу досягала від 2-3 до 10-20 кг/т. Економія коксу залежала від обсягу печі і стану її футерування.

Крім того, вважається, що осьова віддушину необхідна для більш активної роботи газів в центрі печі і запобігання захаращення горна [20].

Однак кількість периферійних газів визначається не тільки газопроникністю периферії, а й опором осьової зони. Між периферійним і осьовим потоками газів існує причинно-наслідковий зв'язок, обумовлена одним джерелом їх утворення і можливістю перетоків.

Збільшення рудного навантаження в осьовій зоні сприяє підвищенню ефективності доменної плавки. Саме через різного ступеня розвитку осьового ходу спостерігалось раніше згадана більш суттєва зміна економії коксу (від 2 до 20 кг/т), ніж скорочення втрат тепла через стінку (в 1,1 - 2,0 рази) при завантаженні периферійної зони.

Таким чином, оптимізація периферійного потоку газів отримала іншу,

опосередковану форму, через ступінь розвитку осьового ходу газів при максимальному рудному навантаженні на периферії. Крім того, мінімізація втрат тепла через стінки печі не є достатньо надійним і універсальним критерієм зменшення енерговитрат на виплавку чавуну (включаючи витрати на ремонт футеровки і системи її охолодження), оскільки, в залежності від ступеня розвитку осьового потоку газів можна мати не тільки економію питомої витрати коксу, а й його перевитрату. Більш того, у міру розвитку осьового ходу втрати тепла через колошник, на відміну від втрат через стінку, ростуть.

Проведені на доменній печі № 9 попередні статистичні дослідження впливу розподілу шихтових матеріалів по радіусу колошника на техніко-економічні показники роботи печі свідчать, що найкращі результати досягаються, коли «гребінь рудних навантажень по можливості максимально розтягнутий, рудна навантаження не перевищує в центрі 2,0 т/т, а на периферії - середнього по печі рудного навантаження. Експерименти показали, що ступінь використання газу на доменній печі № 9 визначальним чином залежить від завантаженості центру печі: збільшення кількості рудних матеріалів в центральній зоні колошника сильно впливає на розподіл газового потоку і дозволяє істотно скоротити витрату коксу. Однак збільшення рудних навантажень в осьовій зоні до 2 т/т коксу і вище призводить до захаращення горна і розладів ходу печі.

Безконусні завантажувальні пристрої лоткового типу встановлені на 186 доменних печах у всіх країнах світу з розвинутим доменним виробництвом (в тому числі на всіх працюючих печах Японії).

Тривала експлуатація показала, що застосування цього БЗП забезпечує в порівнянні з типовим двоконусним апаратом: економію коксу 8%, підвищення продуктивності до 12%; зменшення простоїв з вини завантажувального пристрою на 65%; зниження загальних витрат на обслуговування і ремонт до 80%.

Але головним критерієм оцінки досконалості завантажувального пристрою є його можливість в управлінні радіальним і окружним розподілом шихти і газового потоку в об'ємі печі, так як таке управління - основний технологічний прийом підвищення ступеня використання теплового і відновного потенціалів пічних газів, досягнення високої інтенсивності плавки при рівному і стійкому сході шихти.

3.3.2 Регулювання окружного розподілу шихти лотковим БЗП

Загальна окружна нерівномірність за цикл завантаження, що складається з 6-14 порцій матеріалу, не повинна перевищувати 6-10%. Для забезпечення цієї вимоги і більш повного використання можливостей розподільника, розташованого безпосередньо над поверхнею засипу, поряд з іншими заходами на доменних печах, оснащених безконусними завантажувальними пристроями з розподільниками лоткового типу, застосовується спосіб вивантаження матеріалів з шлюзових бункерів, при якому початок вивантаження кожної наступної порції (подачі) в циклі завантаження зміщується щодо попередньої порції (подачі) на певний кут. Величина кроку кута зсуву залежить від кількості положень розподільного елемента, на яких здійснюється відкриття шихтового затвора шлюзового бункера. Для забезпечення зміщення початку вивантаження між циклами завантаження важливо, щоб кількість порцій матеріалу в циклі не було кратним числу гаражних положень.

Розподільники БЗП, розташовані безпосередньо під поверхнею засипу, істотно впливають на формування стовпа шихти і окружний розподіл матеріалів. Дослідженнями встановлено, що нерівномірність окружного розподілу визначається в основному орієнтацією незамкнутих кілець при вивантаженні матеріалу в кільцеві зони колошника і конструктивними особливостями БЗП, що впливають на різне відхилення потоку завантажується в піч матеріалу щодо осі печі в межах кожного обороту розподільника.

Незамкнутість кілець утворюється через зміну часу закінчення матеріалу з бункерів БЗП і ділення порції на різні числа кутових позицій лотка. Тривалість розвантаження бункера коливається в межах до 20% від встановленої величини. Внаслідок зазначених причин замкнуті кільця в кожному кутовому положенні розподільника навіть при точному виконанні розкриття шихтового затвора будуть не правилом, а випадковістю. Підвищення рівномірності окружного розподілу шихти (ОРШ) досягається шляхом рівномірного розміщення незамкнутих частин кілець шихти по колу колошника. У цьому випадку початок відкривання шихтових затворів розвантажених бункерів для кожної пари порцій (порція коксу і порція залізовмісних матеріалів) зміщують на 60° при проходженні лотком гаражних

положень (точок через 60° по колу колошника).

Вирівнювання профілю засипу, або газопроникненості за рахунок збільшення обсягу шихти або рудного навантаження в заданому секторі виробляють орієнтацією незамкнутих частин кілець матеріалу шляхом програмованого початку відкривання шихтових затворів в заданих гаражних положеннях.

Встановлено, що паралельне розташування бункерів БЗП при відсутності під ними накопичувальної ємності перед вивантаженням на лоток призводить до зміщення потоку шихти в центральній трубі і зміни характеристик сходів з розподільчого лотка потоку в межах кожного обороту, Це викликає нерівномірність ОРШ, що залежить від розташування матеріалів в бункерах БЗП . Для компенсації цієї нерівномірності застосовують чергування завантаження в бункери БЗП різних матеріалів.

Використовується прийом управління розподілом шихтових матеріалів шляхом зміни їх витрат при завантаженні в задані сектори і кільцеві зони площі колошника. Прийом призначений для усунення стійких перекосів профілю засипу і придушення каналного ходу печі в автоматичному режимі. Нерівномірність компенсується шляхом зміни витрати матеріалу, який вивантажується з бункера БЗП, за рахунок збільшення (зменшення) кута розкриття шихтового затвора в обраних межах сектора кола і кільцевих зон по радіусу колошника і кожному оберті розподільника. Початок зміни кута розкриття шихтового затвора задається з попередженням на час руху шихти від шихтового затвора бункера до поверхні засипу в заданому секторі і кільцевої зоні з урахуванням напрямку обертання розподільника.

З метою вивчення окружного розподілу шихтових матеріалів проведені експериментальні дослідження із записом осцилограмм роботи обладнання системи завантаження. Розрахунок окружного розподілу шихти і коефіцієнтів нерівномірності її розподілу за результатами вивантаження 24 порцій матеріалу виконаний для різних режимів роботи розподільника:

I- 6 гаражних положень (через 60°) зі зміщенням початку вивантаження кожної наступної пари вивантажених порцій залізозмісних матеріалів і коксу щодо попередньої на одне гаражне положення лотка (в напрямку обертання розподільника): $K0^\circ C_m0^\circ + K60^\circ C_m60^\circ + K120^\circ C_m120^\circ + \dots$ і т. д. ;

II- $6 + 6 = 12$ гаражних положень з почерговим використанням при послідовному вивантаженні пар порцій залізовмісних матеріалів і коксу шести положень (через 60°) і наступних шести положень (через 60°), зміщених відносно попередніх на 30° (в напрямку обертання розподільника): $K0^\circ C_{m0^\circ} + K60^\circ C_{m60^\circ} + K120^\circ C_{m120^\circ} + K300^\circ C_{m300^\circ} + K30^\circ C_{m30^\circ} + K90^\circ C_{m90^\circ} + K150^\circ C_{m150^\circ} + K210^\circ C_{m210^\circ} + \dots$;

III- $6 + 6 = 12$ гаражних положень, коли перші і наступні шість пар порцій залізовмісних матеріалів і коксу вивантажуються в шести положеннях (через 60°), при цьому початок вивантаження наступних шести пар порцій зміщений щодо початку вивантаження попередніх на кут 150° ;

IV- 12 гаражних положень (через 30°) зі зміщенням початку вивантаження кожної наступної пари вивантажуються порцій залізовмісних матеріалів і коксу щодо попередньої на одне гаражне положення лотка (в напрямку обертання розподільника): $K0^\circ C_{m0^\circ} + K30^\circ C_{m30^\circ} + K60^\circ C_{m60^\circ} + \dots$

Параметри окружного розподілу шихтових матеріалів для чотирьох режимів автоматичного зміщення положень початку вивантаження порцій по 12 секторам в периферійній кільцевій зоні колошника наведені на рис. 3.8

Номери з 1 по 12 на графіках відповідають секторам з центральним кутом 30° , утвореним між гаражними положеннями розподільного лотка: $0-30^\circ$, $30-60^\circ$, $60-90^\circ$, $330-360^\circ$ (0°). Лоток розподільника обертався під час проведення експерименту за годинниковою стрілкою.

Результати розрахунку коефіцієнтів окружної нерівномірності розподілу матеріалу на колошнику за оціночними параметрами наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Показники нерівномірності окружного розподілу шихти в периферійній зоні колошника за результатами вивантаження 24 порцій матеріалу при різних режимах роботи розподільника

| Режими роботи розподільника | Коефіцієнт нерівномірності ОРИШ | | |
|-----------------------------|---------------------------------|---------|------------|
| | по рудному навантаженню | по масі | за об'ємом |
| I | 0,132 | 0,039 | 0,026 |
| II | 0,148 | 0,039 | 0,028 |
| III | 0,075 | 0,027 | 0,016 |
| IV | 0,061 | 0,020 | 0,015 |

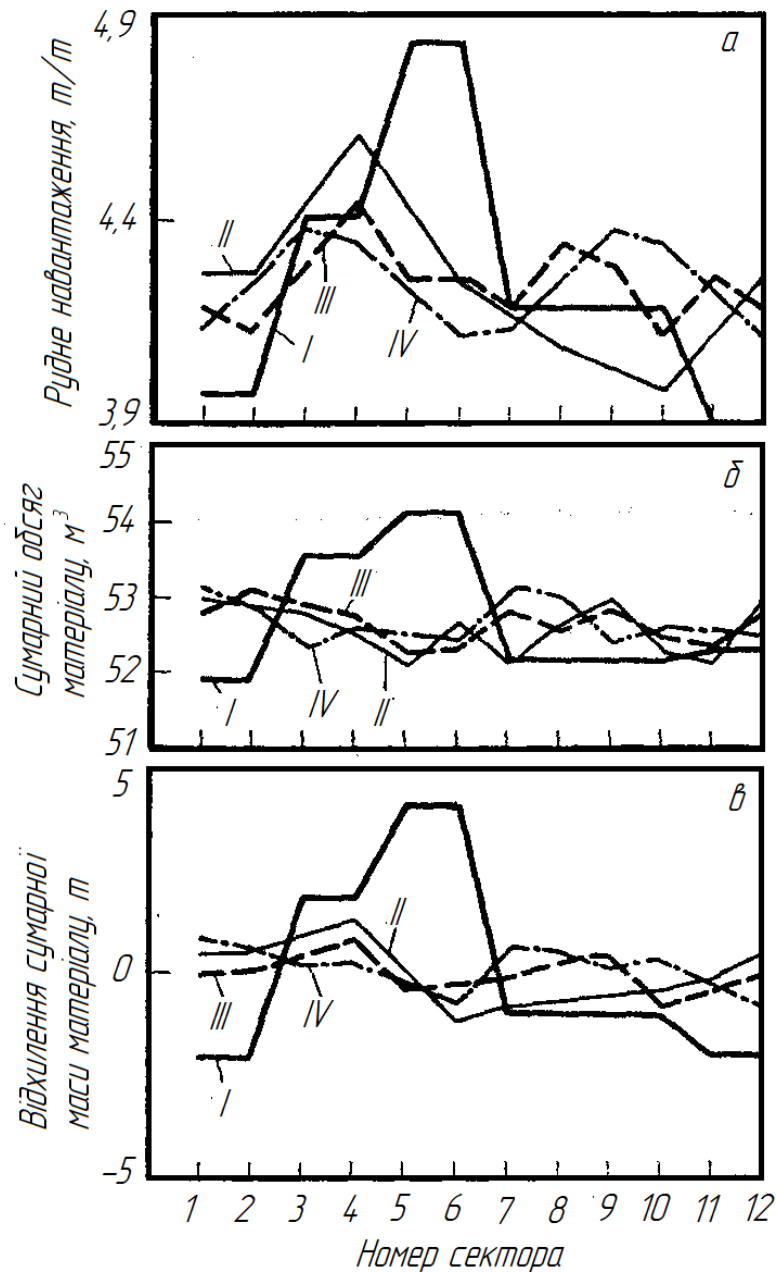


Рисунок 3.8 - Параметри окружного розподілу шихтових матеріалів в периферійній кільцевій зоні за 24 порції матеріалу при чотирьох режимах зміщення станцій початку

З таблиці видно, що коефіцієнти нерівномірності в I і II режимах роботи розподільника приблизно рівні і вдвічі більше, ніж в III і IV режимах. У IV режимі отримані мінімальні величини показників нерівномірності окружного розподілу шихти, проте їх досягнення можливе тільки при використанні всіх 12 гаражних положень за цикл завантаження, що складається не менше ніж з 24 порцій шихти. У III режимі показники нерівномірності лише трохи нижче, ніж в IV, але досягнуті

вони в межах 12 порцій, тобто в два рази швидше. У порівнянні з IV цей режим є найкращим ще й тому, що він дозволяє уникнути повторюваності точок початку вивантаження порцій матеріалу в циклах з числом порцій, кратним числу гаражних положень.

Цілеспрямована орієнтація незамкнених кілець при вивантаженні матеріалу може бути використана для компенсації нерівномірності розподілу шихти і газового потоку по колу колошника.

Відомо, що паралельне розташування бункерів безконусного завантажувального пристрою (БЗП) при відсутності під ними накопичувальної ємності призводить до нерівномірності окружного розподілу шихти на колошником, що залежить від розташування матеріалів в бункерах. Для компенсації цієї нерівномірності чергують завантаження в бункери БЗП порції коксу (К) і суміші залізовмісних матеріалів (См), що складається з агломерату та обкотишів.

В літературі описана система управління розкриттям шихтових затворів (УРШЗ) для доменної печі. Система призначена для усунення перекосів профілю поверхні засипу шляхом цілеспрямованої зміни обсягу матеріалу в заданих секторах окружності колошника і вирівнювання газорозподілу в печі за рахунок зменшення рудного навантаження в зоні низьких і підвищення її в зоні високих температур. Витрата матеріалу з бункера при збільшенні кута розкриття шихтового затвора системою УРШЗ задається відповідно до експериментально отриманими характеристиками.

Схема розташування кільцевих зон, механізмів БЗП, термопар, траєкторій і гаражних положень лотка наведені на рис. 3.9. Відхилення параметрів від середньої величини, прийнятої за одиницю, в шести секторах (за кількістю «гаражних» положень лотка по колу) з центральним кутом 60° оцінювалися по відношенню: A_{pi}/A_{cp} , де A_{pi} - значення параметра в i -му секторі, A_{cp} - середнє значення параметра.

Зміни радіального газорозподілу в секторах і в цілому по перетину печі контролювалися за показником $K_p = t_n/t_k$, збільшення (зменшення) якого відповідає посиленню (зниженню) розвитку периферійного газового потоку і, навпаки, зниженню (посиленню) розвитку осьового потоку газу.

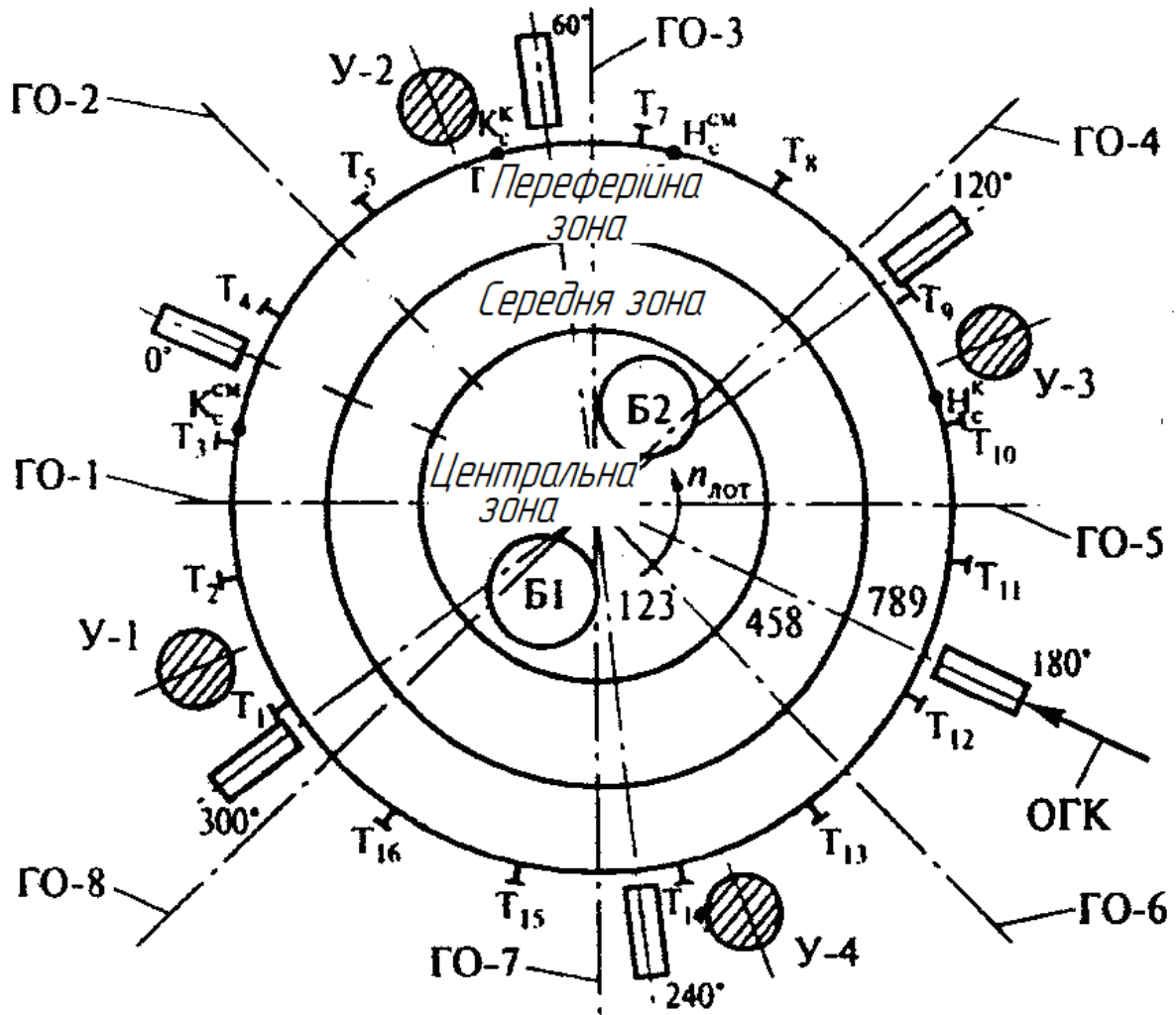


Рисунок 3.9 - Схема розташування по окружності колошника кільцевих зон і робочих кутових положень лотка 9, 8, 7, 6, 5, 4, 3, 2, 1; гаражних положень лотка по колу колошника 0° - 300° ; У - периферійних рівнемірів; Б - бункерів завантажувального пристрою; ОГК - осі головного конвеєра; Т - периферійних термопар; ГО - осі газовідводів

Характерний розподіл температури газу в газовідводах і в периферійній зоні по колу печі до і після регулювання ОРШ показано на рис. 3.10.

До включення системи регулювання ОРШ розкид температури газу в газовідводах по секторах печі був незначним і не перевищував 8% при середній температурі газу $t_k = 172^{\circ}\text{C}$. Розкид температури по термопарах периферійного газу був значно вище, її максимальні значення $t_n = 150^{\circ}\text{C}$ відзначалися в секторах, обмежених по колу положеннями $0 - 60^{\circ}$ (термопари №4-6) і $180-240^{\circ}$ (термопара № 12 - 14). Вони перевищували середню температуру на 37 і 22% відповідно, а

мінімальні значення температури фіксувалися в секторах $60 - 120^\circ$ (термопари № 7,8), $120 - 180^\circ$ (термопари № 9 - 11) і $240-300^\circ$ (термопари № 15, 16) і був нижче середньої її величини на 16 - 18%. У базовому періоді спостерігалася тенденція до розвитку периферійного газового потоку.

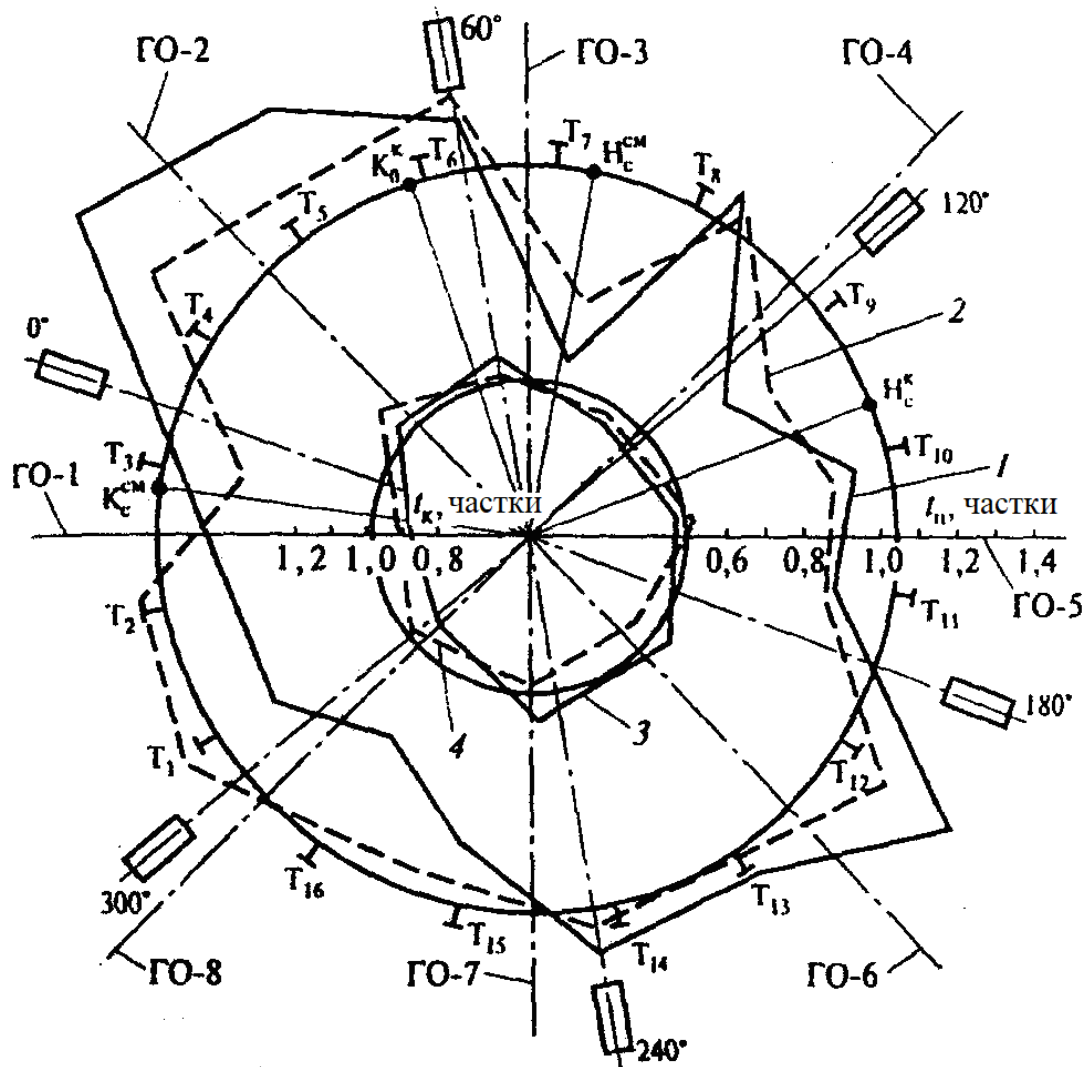


Рисунок 3.10 - Розподіл температури колошникового (t_k) і периферійних (t_n) газів: 1 - температура периферійних газів в базовому періоді; 2 - те ж, в дослідному періоді; 3 - температура колошникового газу в базовому періоді; 4 - те ж, в дослідному періоді

Зміна цих параметрів і показника радіального газорозподілу по шести секторах окружності печі наведено в таблиці 3.4

Для зменшення нерівномірності окружного і вирівнювання радіального

газорозподілу, виходячи з технічних можливостей системи УРШЗ, застосували наступний режим регулювання ОРШ: в сектор 0 - 60° додатково вивантажується маса залізовмісних матеріалів з кутового положення лотка 9, при цьому підвищуються рудне навантаження і незначно обсяг шихти в периферійній кільцевій зоні перетину колошника; в секторі 60 - 120° знижується рудне навантаження, але дещо збільшується обсяг шихти за рахунок вивантаження додаткової маси коксу з кутового положення лотка 8; для розвантаження периферійної зони від залізовмісних матеріалів і зниження розвитку осьового газового потоку в інших секторах зменшується обсяг шихти і збільшується рудне навантаження за рахунок виведення більшої маси коксу, ніж залізовмісної частини порції, для вивантаження додатково в периферійну зону в сектор 60-120°.

Таблиця 3.4 - Зміна параметрів розподілу шихти і газу по колу печі

| Параметри (чисельник до, знаменник - після регулювання) | Сектори окружності колошника | | | | | | Середнє значення по колу |
|--------------------------------------------------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------------|
| | 0 - 60 | 60 - 120 | 120- 180 | 180- 240 | 240- 300 | 300- 360 | |
| Рівень засипу, м | <u>1,2</u> 1,12 | | <u>0,98</u> 1,02 | <u>0,91</u> 0,93 | | <u>0,91</u> 0,93 | <u>1,33</u> 1,08 |
| Температура, °С: | | | | | | | |
| колошникового газу, t _к | <u>1,02</u> 1,08 | <u>1,01</u> 0,99 | <u>1,0</u> 1,03 | <u>1,05</u> 0,98 | <u>1,0</u> 0,99 | <u>0,92</u> 0,92 | <u>172</u> 193 |
| периферійного газу, t _п | <u>1,37</u> 1,18 | <u>0,84</u> 0,89 | <u>0,84</u> 0,85 | <u>1,22</u> 1,10 | <u>0,82</u> 0,98 | <u>0,90</u> 0,98 | <u>150</u> 130 |
| Показник радіального газорозподілу, K _p | <u>1,09</u> 1,10 | <u>0,89</u> 0,90 | <u>0,89</u> 0,84 | <u>1,24</u> 1,12 | <u>0,88</u> 1,00 | <u>1,05</u> 1,07 | <u>0,87</u> 0,68 |
| Рудне навантаження в периферійній зоні (розрахункове), т / т | <u>1,00</u> 1,17 | <u>1,00</u> 0,76 | <u>1,00</u> 0,89 | <u>1,00</u> 1,04 | <u>1,00</u> 1,04 | <u>1,00</u> 1,08 | <u>4,69</u> 4,69 |
| Маса (розрахункова) порції, т: | | | | | | | |
| коксу | <u>1,00</u> 0,95 | <u>1,00</u> 1,31 | <u>1,00</u> 1,03 | <u>1,00</u> 1,90 | <u>1,00</u> 0,90 | <u>1,00</u> 0,90 | <u>1,92</u> 1,92 |
| залізовмісних матеріалів в периферійній зоні | <u>1,00</u> 1,14 | <u>1,00</u> 1,0 | <u>1,00</u> 0,95 | <u>1,00</u> 0,95 | <u>1,00</u> 0,95 | <u>1,00</u> 0,99 | <u>9,48</u> 9,49 |

Система управління ОРШ забезпечувала подачу команди на збільшення кута розкриття шихтового затвора при вивантаженні порції коксу в 8-му, а залізовмісних матеріалів в 9-му кутових положеннях лотка при проходженні лотком точок кола 300 і 240° відповідно. Збільшення кутів розкриття шихтових затворів задавалося на величину 10°, при цьому робочі кути при вивантаженні коксу з бункера 1 і з бункера

2 збільшувалися відповідно від 42,8 і 29,8 до 52,8 і 39,3°.

Робота системи управління розподілом шихтових затворів протягом 4 год дозволила вирівняти інтенсивність газового потоку в периферійній зоні колошника (див. Рис. 3.10) і радіальний газорозподіл в секторах по колу печі (див. Табл. 3.4). Так, коливання температури газу в газовідводах печі знизилася в 1,3 рази, а розкид температури периферійного газу по термопар зменшився майже в 2 рази. Середня температура колошникового газу зросла на 21 °С і склала 193 °С, а периферійного газу зменшилася на 20 °С і стала рівною 130 °С.

Вирівнювання параметрів окружного і радіального газорозподілу по секторам окружності печі після регулювання ОРШ в периферійній зоні колошника (див. Табл. 3.4) вказує на відповідність обраних і нанесених впливів щодо перерозподілу шихти, а також на достатню точність орієнтації вивантаження порцій шихти в задані сектори регулювання.

Експериментально встановлено, що регулювання окружного розподілу шихти шляхом зміни розкриття шихтового затвора дозволяє досить ефективно вирівнювати окружне розподіл газового потоку.

Система управління розкриттям шихтових затворів бункерів безконусного завантажувального пристрою забезпечує точність і ефективність управлінського впливу і дозволяє плавно змінювати обсяг і масу шихтових матеріалів в заданих кільцевих зонах перетину колошника.

3.3.3 Регулювання радіального розподілу шихти лотковим БЗП

У зв'язку з великим розходженням гранулометричного складу і середньої крупності коксу і залізорудних матеріалів розподіл рудного навантаження по радіусу в стовпі шихти в доменній печі є вирішальним фактором, що визначає газопрпускну здатність печі в цілому, а також характер розподілу по радіусу і ступінь використання теплової та хімічної енергії газу в печі. Створення нерівномірності розподілу рудного навантаження по радіусу підвищує газопрпускну здатність печі, причому більшою мірою це підвищення досягається при збільшенні нерівномірності за рахунок розвантаження осьової зони печі. Що стосується питомої витрати палива на плавку, то, згідно з традиційними

уявленнями, воно завжди підвищується зі збільшенням нерівномірності розподілу рудного навантаження по радіусу (рис. 3.11).

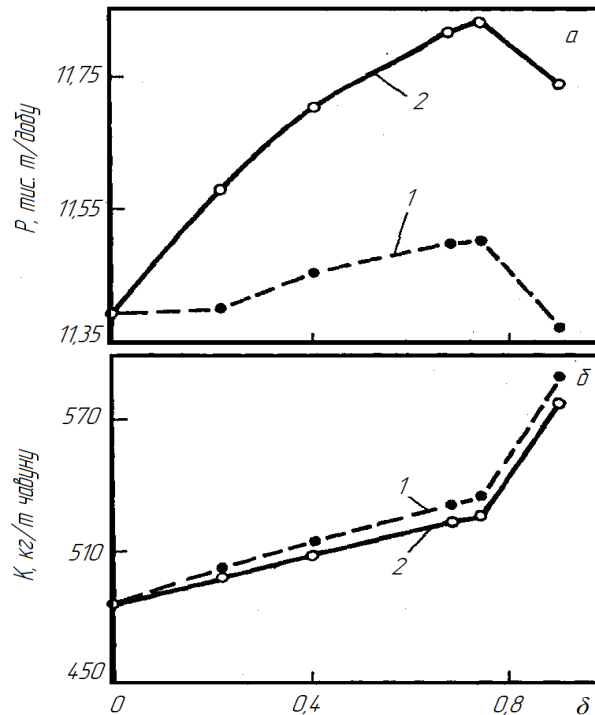


Рисунок 3.11 - Вплив нерівномірності радіального розподілу рудного навантаження (за рахунок розвантаження: 1 - периферії; 2 - центру) на зміну: а - продуктивності печі P ; б - витрата коксу

Як видно, нерівномірний розподіл рудного навантаження за рахунок розвантаження осьової зони забезпечує отримання більш високих техніко-економічних показників роботи печі (як по витраті коксу, так і по продуктивності). Це пояснюється більш високою балансовою продуктивністю печі в даному випадку, зумовленої меншою витратою коксу, ніж при завантаженій периферії. За інших рівних умов витрата коксу в даному випадку визначається втратами тепла, які при центральному газорозподілі значно менше, ніж при периферійному ході.

Витрата коксу збільшується з ростом радіальної нерівномірності розподілу рудного навантаження при розкритті як центру, так і периферії (див. Рис. 3.9), що пояснюється зміною ефективності відновних процесів при збільшенні нерівномірності розподілу рудного навантаження: вона знижується незалежно від того, розвантажений центр або периферія. Що стосується продуктивності печі, то вона в обох випадках проходить через екстремум, що знаходиться в області значень нерівномірності рудного навантаження по радіусу 0,7...0,75 [5].

В [9] наведені результати регулювання радіального розподілу шихти лотковим безконусним завантажувальним пристроєм з використанням даних системи «Спіротерм». Система «Спіротерм» дозволяє безперервно контролювати температуру поверхні засипу. Як показав аналіз роботи даної системи, величина цієї температури залежить від ефективності теплообміну в шарі порції завантажуються матеріалів і визначається перш за все співвідношенням в цьому шарі теплоємкостей потоків шихти і газів. Тому вимірювання температури поверхні засипу дозволяє отримувати додаткову інформацію про розподіл шихти і газів по перетину колошника печі. Ця інформація може бути використана при керуванні завантаженням доменної печі, обладнаної безконусним завантажувальним пристроєм.

У табл. 3.5 наведені характеристики розподілу газів і шихти по радіусу верхньої частині шахти під рівнем і на поверхні засипу при нормальній роботі доменної печі.

Таблиця 3.5 - Розподіл газів і шихти по радіусу верхньої частині шахти під рівнем і на поверхні засипу

| Номер точки відбору або кільцевої зони (від осі печі) | | Середні значення параметра | | |
|-------------------------------------------------------|----|----------------------------|------------------------|---------------------|
| | | CO ₂ ,% | t _{пов.} , °C | t _R , °C |
| осьова зона | 1 | 4,4 | 282 | 818 |
| | 2 | 13,3 | 253 | 702 |
| | 3 | 20,7 | 223 | 533 |
| проміжна зона | 4 | 20,7 | 195 | 399 |
| | 5 | 20,3 | 188 | 302 |
| | 6 | 20,3 | 187 | 225 |
| | 7 | 20,1 | 192 | 177 |
| | 8 | 20,2 | 196 | 148 |
| периферійна зона | 9 | 19,9 | 195 | 135 |
| | 10 | 16,7 | 199 | 169 |

Видно, що характер розподілу температур, виміряних системою «Спіротерм», відповідає характеру розподілу по радіусу температури і вмісту діоксиду вуглецю в газі під рівнем засипу. При цьому має місце достовірний зв'язок температури поверхні засипу і вмісту діоксиду вуглецю в газі під рівнем засипу в периферійних і центральних ділянках радіусу.

Коливання температури поверхні засипу в цілому досить висока, що свідчить про хорошу чутливість даного параметра до зміни розподілу газу і шихти. Вплив зміни розподілу матеріалів по радіусу верхньої частині шахти на показання

термовізорної системи досліджувалися шляхом оцінки взаємозв'язку температури поверхні засипу і рудних навантажень. Величини рудних навантажень в радіальних зонах колошника визначалися за допомогою розробленої в НМетАУ математичної моделі завантаження доменної печі безконусним апаратом лоткового типу.

У табл. 3.6 наведені дані про розподіл температури t поверхні засипу і рудних навантажень P по радіусу колошника.

Таблиця 3.6 Розподіл температури t поверхні засипу і рудних навантажень P по радіусу колошника

| Номер зони (від осі печі) | | $t_{\text{пов.}}, ^\circ\text{C}$ | P | A |
|---------------------------|----|-----------------------------------|------|-----|
| осьова зона | 1 | 622 | 1,26 | 783 |
| | 2 | 460 | 1,72 | 792 |
| | 3 | 381 | 2,06 | 768 |
| проміжна зона | 4 | 269 | 2,36 | 688 |
| | 5 | 230 | 3,03 | 696 |
| | 6 | 172 | 3,86 | 663 |
| | 7 | 147 | 4,59 | 674 |
| | 8 | 151 | 4,43 | 668 |
| периферійна зона | 9 | 154 | 3,93 | 605 |
| | 10 | 186 | 3,26 | 606 |

Видно, що значення температур поверхні засипу в радіальних зонах в значній мірі визначаються величиною рудного навантаження в цих зонах. При цьому простежується обернено пропорційна залежність температури поверхні засипу; від величини рудного навантаження, тобто $t = A / P$, де A - коефіцієнт, що залежить від особливостей противотока газу і шихти в різних радіальних зонах печі.

Як впливає з табл. 3.6, коливання температури поверхні, і рудних навантажень в окремих радіальних зонах, змінюється в широкому діапазоні - від 5,2 до 39,8%, становлячи в середньому 14,8%. Коливання ж коефіцієнта A істотно нижче у всіх радіальних зонах і змінюється у відносно вузькому діапазоні, - від 3,5 до 4,9%, що можна вважати величиною, постійною для всіх кільцевих зон поверхні шихти. У той же час по радіусу колошника чітко виділяються три зони - осьова, проміжна та периферійна, в яких середні по зонах значення даного коефіцієнта істотно відрізняються. Так, величина коефіцієнта A для осьової (кільцеві зони 1 - 3), проміжної (кільцеві зони 4 - 8) і периферійної (кільцеві зони 9 і 10) зон склала в середньому 781, 678 і 605 відповідно, утворюючи числовий ряд, регресний в

даному випадку у напрямку до периферії. Стійкість цього ряду в різні періоди досліджень свідчить про можливість використання отриманої залежності для визначення базового рівня температури поверхні засипу як в осьовій, проміжній і периферійній зонах, так і в окремих кільцевих зонах колошника доменної печі за відомим розподілом рудних навантажень.

Аналіз роботи доменної печі; з різним характером розподілу газів і шихти, а також результатів розрахункового визначення температур показав, що для зміни температури поверхні засипу на 100 ° С необхідно рудного навантаження змінити на 0,2 - 0,3 т/т коксу в центральній і на 0,4 - 0,6 т/т коксу в периферійних зонах. При використанні безконусного завантажувального пристрою лоткового типу зміна рудного навантаження в різних радіальних зонах можна досягти шляхом зміни кутових положень лотка, на який висипається, порція матеріалу.

Параметри завантаження шихтових матеріалів безконусним завантажувальним пристроєм наступні:

| Порядковий номер порції в циклі | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Від матеріалу в порції | К | А | К | А | К | А | К | А |
| Кутове положення лотка | 9-6 | 9-7 | 8-5 | 9-7 | 9-6 | 9-7 | 5-4 | 9-6 |

Примітка: К - порція коксу; А - порції залізородних матеріалів; 9 - 6 - кутові положення лотка, обчислення яких проводиться від центру до периферії.

Наприклад, при зсипанні шихти з лотка по системі завантаження, наведеної вище (маса коксу 23,6 т; рівень засипу 1,6 м, маса залізородних матеріалів 90 т), для збільшення рудного навантаження в периферійній зоні на 0,2 т/т коксу досить змінити при завантаженні восьмої порції кутові положення обертового лотка з 9 - 6 на 9 - 7. Для зміни рудного навантаження в центральній зоні на 0,1 т/т коксу при тому ж режимі завантаження необхідно при завантаженні сьомої порції змінити кутові положення лотка з 5 - 4 на 4 - 3. У цих випадках зміни температури поверхні засипу складає 40 - 60 і 40 - 50 ° С відповідно.

Цикл завантаження складає виконання програми, що укладається в багатьох випадках з 10 і більше чергованих в певному порядку порцій коксу і залізородних матеріалів. Завантаження печі виробляється циклічно, тобто програма періодично повторюється і укладання шихти, якщо розглядати вертикальний перетин стовпа,

проводиться в шаховому порядку - локально, а не по всьому радіусу колошника.

БЗП лоткового типу дозволяє реалізувати при завантаженні печі можливість цілеспрямованого формування рудного навантаження по всій площі колошника (по всім кільцевим зонам) в різних варіантах однією порцією коксу і однією порцією залізорудних матеріалів, що в сукупності становить одну подачу шихти (аналогічно прийомам конусних ЗУ). Така процедура завантаження скоротить на порядок час формування рудного навантаження по всій площі колошника, дозволить більш гнучко і динамічно управляти завантаженням печі, а значить, більш ефективно використовувати енергію доменних газів.

Для реалізації цих можливостей [4] передбачається розподіл порції коксу по радіусу колошника обернено пропорційно кривій зміни рудного навантаження, а після укладання порції залізорудних матеріалів повинен утворитися горизонтальний профіль поверхні, тобто перехід від звичайного режиму завантаження до завантаження з горизонтальною поверхнею засипу.

На рис. 3.10, що пояснює цей варіант, умовно позначено: К - профіль поверхні порції коксу; Р - профіль поверхні порції залізорудних матеріалів.

Спочатку вантажиться порція коксу. Верхня поверхня К (рис. 4.12) кожної порції коксу від осі до периферії є увігнутою і перешкоджає відносному зсуву порції залізорудних матеріалів в радіальному напрямку як при завантаженні печі, так і при опусканні шихти до горна. Іншими словами, порція коксу утворює «ложе» для порції залізорудних матеріалів, яка, заповнюючи його, утворює поверхню Р в горизонтальній площині.

Завантаження доменної печі виробляється циклічно (подачами). Одна подача складається з порцій коксу і залізорудних матеріалів, тобто вмісту двох бункерів.

Кути укосу компонентів шихти впливають на розподіл матеріалів по радіусу колошника в значно меншій мірі при використанні лоткових завантажувальних пристроїв, ніж конусних, так як поверхня шихти в цьому випадку формується з окремих кілець, і її згладжена форма не завжди відповідає кутам укосу матеріалів. Існують режими завантаження, при яких кути укосу компонентів шихти практично не впливають на відносний розподіл в печі коксу і рудних матеріалів.

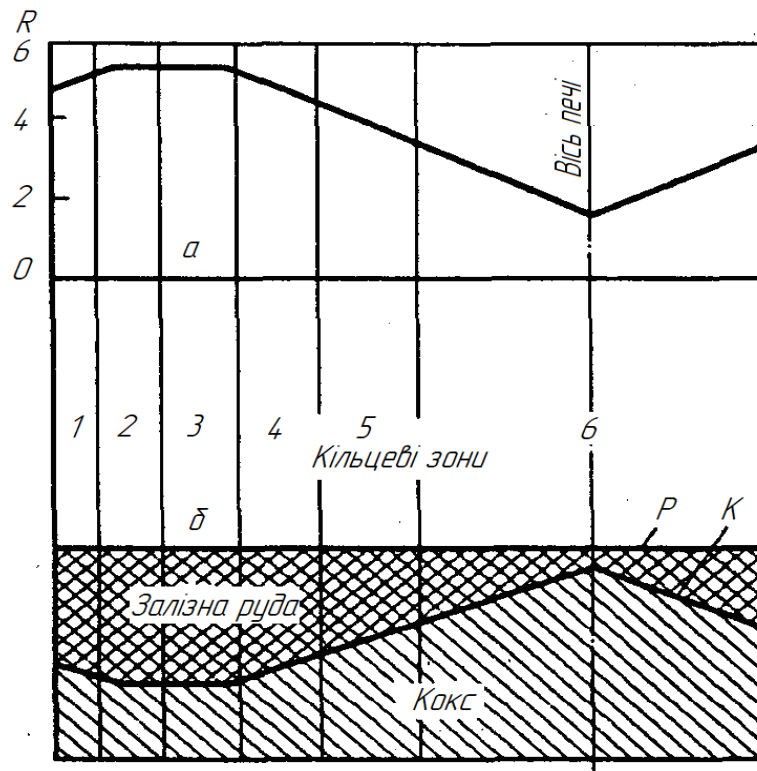


Рисунок 3.12 - Розподіл рудного навантаження R по радіусу колошника (а) і вертикальний перетин однієї подачі шихти (б) при роздільному завантаженні порції коксу і залізорудних матеріалів

Технологічні можливості обертового розподільника безконусного розвантажувального пристрою дозволяють укладати шихту в рівні по площі кільцеві зони 1-6 (див. Рис. 3.10). Отже, обсяг шихти в кожній зоні є однаковим. Для забезпечення необхідного розподілу рудних навантажень по площі колошника в кожну кільцеву зону подаються залізорудні матеріали і кокс в співвідношеннях, рівних середнім рудним навантаженням \bar{r}_i в відповідних зонах.

Дозування розрахункової кількості матеріалу в i -у зону (по вазі або обсягу) з бункерів завантажувального пристрою проводиться за рахунок зміни прохідного отвору шихтового затвора (а можливо, і швидкості обертання розподільника).

Регулюючи витрату коксу з приймального бункера шихтовим затвором і погоджуючи ці витрати зі швидкістю обертання розподільного лотка, виробляють вивантаження порції по кільцевим зонам. Потім, аналогічно, формується порція залізорудних матеріалів.

3.3.4 Завантаження мішаних порцій лотковим БЗП

Прагнення до максимально рівномірного розподілу матеріалів в робочому об'ємі печі підказує доцільність формування стовпа шихти в ній з суміші рудних матеріалів і коксу. Експериментально показано, що при пошаровому завантаженні на кордоні шарів коксу і агломерату формується прошарок з низькою газопроникністю, а при змішаному завантаженні зменшується порозність шару, що компенсує негативний вплив «граничного» ефекту в зоні кускових матеріалів. Скорочення насипного об'єму суміші на 8 -10% при зниженні її порозності дозволяє розмістити в печі більше шихти, але газопроникність всього стовпа при цьому не знижується, так як при змішаному завантаженні в зоні розм'якшення вона значно поліпшується. Це дозволяє зберегти обсяг газу в печі, а більша кількість залізовмісних матеріалів на шляху газового потоку збільшить ефективність його використання.

Крім того, через тісний контакт руди і коксу активізуються відновлення і теплообмін в «сухій» зоні шахти.

Змішане завантаження доменної печі, тобто коли в піч подається суміш руда - кокс - другий варіант цілеспрямованого завантаження шихти по всьому радіусу печі за допомогою БЗП. На рис. 3.13 умовно представлено (поз. б) перетин у вертикальній площині однієї змішаної подачі шихти на колошник (щільністю штрихування умовно показана щільність шихти в кожній кільцевій зоні).

Пропонований спосіб завантаження доменної печі здійснюється наступним чином. Кокс і залізородні матеріали (одна подача шихти) окремо завантажуються в приймальні бункери безконусного завантажувального пристрою. Потім кокс і залізородні матеріали одночасно подаються з бункерів в розвантажувальну воронку, де змішуються. Далі утворена суміш руда - кокс по обертовому розподільному лотку перманентно надходить в кільцеві зони колошника.

Щільність утвореної суміші руда - кокс регулюється величиною відкриття шихтових затворів на прийомних бункерах. Для завантаження в кільцеві зони з високим рудним навантаженням (наприклад, зони 1, 2, 3, см, рис. 3.11) подається суміш з більшою щільністю і, навпаки, з меншим рудним навантаженням (зони 5, 6, див. Рис. 3.11) подається суміш з меншою щільністю.

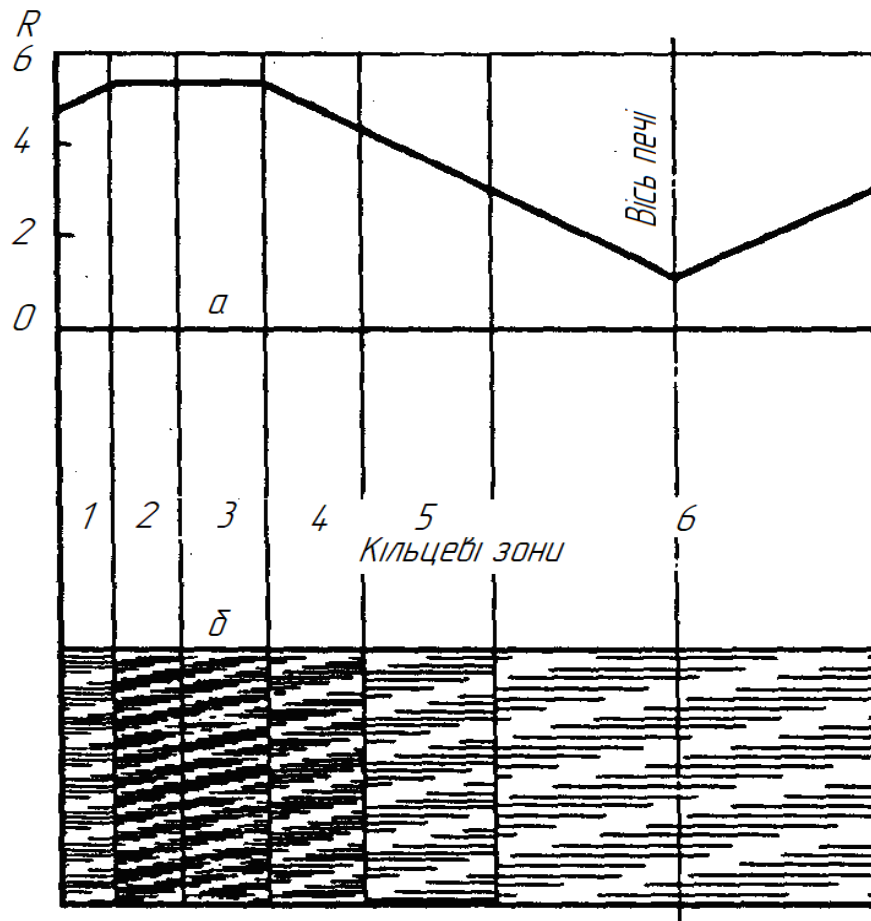


Рисунок 3.13 - Розподілення рудного навантаження R по радіусу колошника (а) і вертикальний перетин однієї подачі шихти (б) при змішаному завантаженні

Оскільки в кільцеві зони подаються рівні за обсягом (але різні за щільністю) порції шихти, то утворюється поверхня засипу у вигляді горизонтальної площини. Розрахунки за кількістю завантаженої шихти в кільцеві зони для першого варіанту коректні і для другого випадку, так як обсяги шихти, що вивантажується в кожен кільцеву зону, рівні. Регулюючи витрату матеріалу одночасно з обох бункерів шихтовими затворами і погоджуючи ці витрати зі швидкістю обертання розподільника, проводиться вивантаження шихти по кільцях.

При змішуванні частини шихти з'являється додатковий параметр управління - порядок чергування роздільних і змішаних подач в циклі завантаження.

Процес завантаження доменної печі по описаним вище способам стає наочним, кількісно встановленим і організаційно спрощеним. Час завантаження на всі площі колошника в порівнянні з вживаними способами скорочується на порядок, що дозволить більш гнучко і динамічно управляти завантаженням печі, а значить, більш

ефективно використовувати відновлювальну енергію доменних газів.

В літературі описана технологія завантаження, яка досягається і можлива при з'єднанні шихтових бункерів БЗП. З'єднання шихтових бункерів БЗП дає можливість контролювати відхилення дійсної густини матеріалу в бункері, яка в свою чергу надійно характеризує зміну вмісту заліза в шихті і схильність коксу до стирання. При цьому продуктивність комплексу завантаження шихти залишається колишньою.

При зсипання в піч матеріалу з шихтового бункера БЗП в нього подається азот з тиском, що перевищує тиск в бункері (рівний пічному). Це дозволяє стабілізувати потік матеріалу в піч при змінній в ході вивантаження масі його в бункері, зменшує знос контактних поверхонь газоушільнюючих клапанів і знижує обсяг шкідливих викидів в атмосферу. Після шлюзування матеріалу шихтовий бункер відсікається від печі нижнім газоушільнюючим клапаном, і в цей час бункер (внутрішній обсяг якого відомий) заповнений чистим газом, а тиск в ньому реєструється приладом на пульті управління піччю.

При цьому зафіксоване існуючим приладом падіння тиску в порожньому бункері прямо пропорційно обсягу газу, який перейшов в бункер з матеріалом. У свою чергу відомі маса і справжній обсяг матеріалу дозволяють визначити справжню щільність матеріалу. Обсяг газу, що перейшов, характеризує саме дійсну густину, а не насипну і не уявну.

Тиск в обох бункерах вирівнюється при перепуску частини газу не більше ніж за 2 с, і після фіксації сталого тиску перепускний клапан між бункерами закривається. Далі (за звичайною технологією) спорожнений бункер послідовно з'єднується з газоочисткою, потім через вихлопний клапан - з атмосферою, і він готовий до прийому нової порції матеріалу. А в бункері з матеріалом відкривається зрівняльний клапан для вирівнювання тиску в ньому з пічним, і він готовий до вивантаження матеріалу при досягненні заданого рівня засипу шихти в печі. При цьому продуктивність комплексу завантаження шихти залишається колишньою. Описана технологія вдвічі знижує витрату компримованого азоту в шихтові бункера БЗП, підвищує теплоту згоряння доменного газу і значно зменшує обсяги шкідливих викидів пилу і газу в навколишнє середовище.

3.4 Розрахунок шихти доменної плавки

3.4.1 Вихідні дані

Таблиця 3.7 – Хімічний склад матеріалів

| Матеріал | Склад сухої маси, % | | | | | | | |
|---------------|---------------------|------|-----------------|-------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|
| | Fe | MnO | SO ₃ | P ₂ O ₅ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO |
| Залізна руда | 50,1 | 1,26 | 0,03 | 0,03 | 10,14 | 2,18 | 1,21 | 0,5 |
| Агломерат | 53,3 | 0,7 | 0,03 | 0,05 | 9,7 | 0,7 | 12,2 | 1,7 |
| Окатиші | 64,41 | 0,51 | 0,06 | 0,06 | 5,04 | 1 | 5,01 | 0,7 |
| Металодобавки | 84 | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| Вапняк | 0,6 | 0,1 | - | - | 1,55 | 0,5 | 53,5 | 1,4 |
| Зола коксу | 5,6 | - | - | - | 50,4 | 25 | 4,5 | 1,25 |

Витрата вологого коксу, що містить вологи W^P - 2%; золи A^C - 11,2%; сірки S - 0,53%, 480 кг/т чавуну

Витрата металодобавок 12 кг/т чавуну.

**У залізорудній суміші міститься: 10% залізняку,
85% - агломерату,
5% - котунів.**

3.4.2 Середньозважений склад рудної суміші

Середньозважений вміст у рудній суміші елементів та оксидів E визначається за вмістом їх у компонентах суміші (руда, агломерат та ін.) та заданою часткою (відсотковим змістом) a_{Σ} компонентів у суміші: $\Sigma = \Sigma \Sigma \cdot a_{\Sigma}$. (Перерахунок елементів з їх оксидів за відомими атомними та молекулярними масами).

У рудній суміші міститься:

$$Fe = 50,1 \cdot 0,1 + 53,3 \cdot 0,85 + 64,41 \cdot 0,05 = 53,54\%$$

$$MnO = 1,26 \cdot 0,1 + 0,7 \cdot 0,85 + 0,51 \cdot 0,05 = 0,7465\%$$

$$Mn = 0,7465 \cdot 55/71 = 0,588\%$$

$$SO_3 = 0,03 \cdot 0,1 + 0,03 \cdot 0,85 + 0,06 \cdot 0,05 = 0,0315\%$$

$$S = 0,0315 \cdot 32/80 = 0,013\%$$

$$PO = 0,03 \cdot 0,1 + 0,05 \cdot 0,85 + 0,06 \cdot 0,05 = 0,0485\%$$

$$P = 0,0485 \cdot 62/142 = 0,0212\%$$

$$SiO_2 = 10,14 \cdot 0,1 + 9,7 \cdot 0,85 + 5,04 \cdot 0,05 = 8,11\%$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 2,18 * 0,1 + 0,7 * 0,85 + 1 * 0,05 = 0,863\%$$

$$\text{CaO} = 1,21 * 0,1 + 12,2 * 0,55 + 5,01 * 0,35 = 8,58\%$$

$$\text{MgO} = 0,5 * 0,1 + 1,7 * 0,85 + 0,7 * 0,05 = 1,53\%$$

Приймаємо орієнтовно вміст заліза в чавуні 94%, що становить 940 кг/т чавуну. Тоді рудна частина має внести заліза

$$940 - (12 * 84 + 52,7 * 5,6) / 100 = 926,97\text{кг}$$

де 84 і 5,6 - вміст заліза відповідно в металодобавках та золи коксу, %:

12 - витрата металодобавок, кг/т;

$$52,7 = K * (1 - 0,01 * W^P) * A^c / 100 = 480 * (1 - 0,01 * 2) * 11,2 / 100$$

кількість золи, що вноситься коксом, кг/т. Орієнтовна витрата рудної суміші:

$$926,97 * 100 / 53,54 = 1731,4\text{кг}.$$

3.4.3 Оцінка матеріалів

Матеріали (окремі компоненти або залізородна суміш) оцінюються за вмістом у них марганцю, фосфору та шлакоутворюючих – кремнезему та вапна. Необхідність оцінки Mn і P визначається тим, що перехід цих елементів в чавун залежить від їх загальної кількості, що вноситься шихтою, що визначає можливу марку чавуну, що виплавляється. Оцінка за вмістом SiO_2 і CaO або їх відношенню $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$, тобто. Основність порожньої породи, виконується з метою встановлення потреби у флюсах.

Кількість марганцю і фосфору, що вносяться залізородною сумішшю, металодобавками та золою коксу, визначається за відомими витратами цих матеріалів та вмістом елементів у них.

Вноситься марганцю $((1731,4 * 0,7465 + 12 * 0) * 55/71)/100 = 10,01\text{кг}$

Фосфору $((1731,4 * 0,0485 + 12 * 0) * 62/142)/100 = 0,37\text{кг}$.

Коефіцієнти переходу марганцю і фосфору в чавун приймаються рівними 0,6 і 1,0 відповідно, тоді орієнтовно в чавуні буде:

марганцю $(10,01 * 0,6 * 100)/1000 = 0,601\%$;

фосфору $(0,37 * 1,0 * 100)/1000 = 0,037\%$.

Основність, тобто співвідношення $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$ у залізорудній суміші, що дорівнює $b=8,58/8,11 = 1,06$. Успішне ведення доменної плавки з отримання кондиційного по сірці чавуну можливе при $b = 0,9...1,35$.

3.4.4 Вибір складу чавуну та основності шлаку

Відповідно до проведеної оцінки матеріалів приймаємо виплавку передільного чавуну марки П1 (групи 2, класу А, категорії II)

Таблиця 3.8 - Склад чавуну

| | Вміст, % | | | | | |
|------------------------|----------|-------|-------|-------|------|-------|
| | Si | Mn | P | S | C | Fe |
| За ГОСТ 805-80 | 0,5-0,9 | <0,5 | <0,1 | <0,02 | - | - |
| Прийнято до розрахунку | 0,6 | 0,601 | 0,037 | 0,02 | 4,41 | 94,71 |

Примітка. Вміст у чавуні (табл. 3.8) Mn і P прийнято згідно з оцінкою матеріалів; Si, що дорівнює 0,6% - з умови забезпечення нормального нагріву чавуну; S, рівного 0,02% - відносно низьким зниження витрат на переділ чавуну в сталь. Вміст вуглецю приймається відповідно до виду чавуну: 4,3-4,9% при виплавці звичайних передільних

$$\begin{aligned}
 [C] &= 4,6 - 0,27[Si] - 0,321[P] + 0,063[Mn] \\
 &= 4,6 - 0,27 * 0,6 - 0,321 * 0,037 - 0,063 * 0,601 = 4,39
 \end{aligned}$$

Вміст заліза визначається по різниці

$$100 - (0,6 + 0,601 + 0,037 + 0,02 + 4,39) = 94,35.$$

Основність шлаку в різних умовах плавки змінюється в широких межах, головним чином, в залежності від кількості сірки, що вноситься коксом, і від бажаної здатності знеселюючої шлаку.

Основність шлаку, виражена ставленням $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2}$, знаходиться зазвичай у межах 1,2...1,35 при виплавці чавуну на коксі, що містить 1,5...2,3S, і в межах 0,9...1,2 - при роботі на коксі, що містить 0,45...0,7% сірки.

У цьому прикладі при $S = 0,53\%$ прийнята $b_{\text{зад}} = \text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1,1$.

3.4.5 Визначення витрат матеріалів

Для розрахунку використовуються показники, наведені проф. А.Н. Рамом.

Загальний вид рівнянь матеріального балансу визначення витрат матеріалів:

1. після виходу чавуну

$$P_c \cdot l_{Pc} + M \cdot l_M + И \cdot l_{И} + A \cdot l_A = 1000.$$

2. по основності шлаку

$$P_c \cdot RO_{Pc} + M \cdot RO_M + И \cdot RO_{И} + A \cdot RO_A = 0.$$

де P_c , M , $И$, A - відповідно витрата рудної суміші, металодобавок, вапняку та золи коксу, кг/т чавуну;

l - вихід чавуну на 1 кг відповідного матеріалу, кг/кг;

RO - надлишок або недолік вапна у відповідному матеріалі при заданій основності шлаку, %.

За складом матеріалів та прийнятим для розрахунку даним обчислюємо характеристики (lRO) для відповідних матеріалів шляхом послідовного заповнення таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Характеристики матеріалів

| Характеристики | Позначення та формули | P_c | М | І | А |
|---------------------------------------|--------------------------------|---------------------------------|--------|--------|--------|
| Вихід чавуну, кг/кг | $l_1 = Fe * \eta_{Fe} / [Fe]$ | $53,54 * 0,999 / 94,35 = 0,567$ | 0,889 | 0,0064 | 0,0593 |
| Витрата SiO_2 відновлення Si, % | $SiO_2' = l_1 * [Si] * 60/28$ | $0,567 * 0,6 * 2,14 = 0,73$ | 1,14 | 0,0082 | 0,076 |
| Вміст SiO_2 у матеріалі, % | SiO_2 | 8,11 | 1,5 | 1,55 | 50,4 |
| Перехід SiO_2 у шлак, % | $SiO_2'' = SiO_2 - SiO_2'$ | $8,11 - 0,73 = 7,38$ | 0,36 | 1,5418 | 50,324 |
| Потрібна CaO, % | $CaO_{тр} = SiO_2'' * b_{зад}$ | $7,38 * 1,1 = 8,118$ | 0,396 | 1,696 | 55,37 |
| Вміст CaO у матеріалі, % | CaO | 8,58 | - | 53,5 | 4,5 |
| Надлишок (недолік) CaO у матеріалі, % | $CaO = CaO - CaO_{тр}$ | $8,58 - 8,118 = 0,46$ | -0,396 | 51,8 | -50,87 |

За отриманими характеристиками та відомими витратами матеріалів (металодобавки та зола коксу) складаємо рівняння матеріального балансу:

$$0,567 * P_c + 0,889 * 12 + 0,0064 * II + 0,0593 * 52,7 = 1000;$$

$$0,46 * P_c - 0,396 * 12 + 51,8 * II - 50,87 * 52,7 = 0.$$

Рішення системи рівнянь дає $P_c = 1738,9$ кг, $I = 117,8$ кг.

Тоді в рудній суміші міститься:

$$\text{залізняку } 1738,9 \cdot 0,1 = 173,89 \text{ кг}$$

$$\text{агломерату } 1738,9 \cdot 0,85 = 1478,06 \text{ кг}$$

$$\text{котунів } 1738,9 \cdot 0,05 = 86,95 \text{ кг}$$

3.4.6 Визначення складу чавуну та шлаку

Для розрахунку складу чавуну та шлаку та перевірки виконання прийнятих умов складається повіркова таблиця розрахунку шихти (таблиця 3.10).

За витратою та складом матеріалів визначається кількість складових, що вносяться окремими матеріалами, а підсумовуванням за графами обчислюється загальна кількість складових (рядок "Всього вноситься"). Загальні кількості окремих елементів та складових, що надходять із шихтою, розподіляються між чавуном та шлаком.

Таблиця 3.10 - Перевірочна таблиця розрахунку шихти

| Матеріал | Витрата мат., кг | складники, чисельник - %, знаменник - кг | | | | | | | | |
|-------------------------|------------------|------------------------------------------|--------------|--------------|-------------|-------------|------------------|--------------------------------|--------------|--------------|
| | | Fe | Mn | S | P | C | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO |
| Кокс сухий | 470,4 | - | - | 0,53 | - | - | - | - | - | - |
| | | | | 2,493 | | | | | | |
| Залізна суміш | 1738,9 | 53,54 | 0,588 | 0,013 | 0,0212 | - | 8,11 | 0,863 | 8,58 | 1,53 |
| | | 931 | 10,22 | 0,23 | 0,37 | - | 141 | 15,01 | 149,2 | 26,6 |
| Металодобавки | 12 | 84 | - | - | - | - | 1,5 | - | - | - |
| | | 10,08 | - | - | - | - | 0,18 | - | - | - |
| Вапняк | 117,8 | 0,6 | 0,1 | - | - | - | 1,55 | 0,5 | 53,5 | 1,4 |
| | | 0,7 | 0,12 | - | - | - | 1,82 | 0,59 | 63 | 1,65 |
| Зола коксу | 52,7 | 5,6 | - | - | - | - | 50,4 | 25 | 4,5 | 1,25 |
| | | 2,95 | - | - | - | - | 25,6 | 13,2 | 2,37 | 0,66 |
| Усього вноситься | | 944,7 | 10,34 | 2,723 | 0,37 | 0,00 | 168,6 | 28,8 | 214,6 | 28,91 |
| Переходить у газ, %/кг | - | - | - | 10,00 | - | - | - | - | - | - |
| | | | | 0,272 | | | | | | |
| Переходить у чавун, кг | 1000,42 | 943,75 | 6,2 | 0,20 | 0,37 | 43,9 | 6,00 | - | - | - |
| Переходить у шлак, кг | 435,74 | 0,95 | 4,14 | | | | | | | |
| | | 1,222 | 5,35 | 2,25 | | | 155,74 | 28,8 | 214,6 | 28,91 |
| Склад чавуну, % | - | 94,33 | 0,62 | 0,02 | 0,037 | 4,39 | 0,60 | - | - | - |
| Склад шлаку, % | - | 0,28 | 1,23 | 0,52 | - | - | 35,75 | 6,6 | 49,5 | 6,64 |

* - Елементи, відповідно Fe, Mn, Si, S., ** - Оксиди, відповідно FeO, MnO, SiO₂

Залізо. Вноситься 944,7 кг, переходить у чавун $944,7 \cdot 0,999 = 943,75$ кг; в шлак $944,7 - 943,75 = 0,95$ кг у вигляді $0,95 \cdot 72/56 = 1,222$ кг **FeO**.

Марганець. Вноситься 10,34 кг. При коефіцієнті переходу в чавун, що дорівнює 0,6, перейде в чавун $10,34 \cdot 0,6 = 6,2$ кг, в шлак $10,34 - 6,2 = 4,14$ кг у вигляді $4,14 \cdot 71/55 = 5,35$ кг MnO.

Фосфор. Повністю (0,37 кг) переходить у чавун.

Сірка. Вноситься 2,723 кг. Перехід до чавуну приймається за прийнятим складом чавуну (див. табл. 2.2): $0,02 \cdot 1000/100 = 0,2$ кг. При виплавці переробних чавунів переходить у газ до 10% сірки, що вноситься. Переходить у шлак:

$$2,723 - (0,2 + 2,723 \cdot 10/100) = 2,25 \text{ кг.}$$

Вуглець. Перехід у чавун приймається згідно з прийнятим (4,41% - див. табл.3.8) - 44,1 кг,

Кремній. Переходить у чавун 6,0 кг (прийнято 0,6% – див. табл. 3.8).

Кремнезем. Вноситься 168,6 кг **SiO₂**. На відновлення 6,0 кг кремнію витрачається $6,0 \cdot 60/28 = 12,86$ кг, перетворюється на шлак $168,6 - 12,86 = 155,74$ кг.

Глинозем, вапно, магнезія. Повністю відповідно 28,8; 214,6 та 28,91 кг переходять шлак.

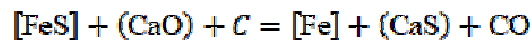
Кількість складових чавуну:

$$943,75 + 6,2 + 0,2 + 0,37 + 43,9 + 6,0 = 1000,42 \text{ кг.}$$

Кількість складових (вихід) шлаку:

$$\text{Ш} = \text{FeO} + \text{MnO} + 0,5 \cdot \text{S} + \text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{MgO} = 1,22 + 5,35 + 0,5 \cdot 2,25 + 155,74 + 28,8 + 214,6 + 28,91 = 435,74 \text{ кг}$$

За основною реакцією десульфурації



в шлак переходить 32 одиниць сірки, але при цьому йде в газ 16 одиниць кисню, тому для збереження балансу враховується половина сірки, що переходить в шлак.

3.5 Оцінка фізичних та фізико-хімічних властивостей шлаку

Основність шлаку $b_{\text{зад}} = \text{CaO}/\text{SiO}_2 = 1,1$ $b_{\text{роз}} = 214,6/155,74 = 1,37$. За О.М. Рамом сума всіх основних оксидів, тобто, підстав, для отримання чавуну з 0,02% сірки при 0,6% Si, має бути не менше:

$$\text{RO}_{\text{тр}} = 50 - 0,25 (\text{Al}_2\text{O}_3, \%) + 3 (\text{S}, \%) - \frac{0,3[\text{Si}, \%] + 30[\text{S}, \%]}{\text{Ш}} = 50 - 0,25 * 6,6 + 3 * 0,52 * \frac{0,3[0,6] + 30[0,02]}{0,435} = 48,1\%$$

де Ш - відносний вихід шлаку, т/т.

Фактичний вміст оксидів:

$$\text{RO}_{\text{факт}} = (\text{CaO}) + (\text{MgO}) + (\text{MnO}) + (\text{FeO}) = 49,5 + 6,64 + 1,23 + 0,28 = 57,65\%,$$

що вище за потрібне (48,1%). Отже, шлак має достатню знесірвальну здатність.

Коефіцієнт розподілу сірки

$$L_s = (S)/[S] = 0,52/0,02 = 26$$

тобто, знаходиться у межах практичних значень (20...80).

Для визначення фізичних характеристик шлаку температури плавлення (температури «хорошої» плинності) t_s та в'язкості шлаку η -його склад перераховується на 3 компоненти. Вміст FeO і MnO можуть бути об'єднані з MgO, при малій кількості магnezії в шлаку (до 2%) її слід підсумовувати з глиноземом, інакше умовно приймаємо суму (CaO + MgO) за CaO (табл. 3.11).

За температуру плавлення шлаку зазвичай приймають температуру кінця кристалізації (початку плавлення, тобто солідус) або температуру, при якій шлак може вільно текти. Іноді за температуру плавлення приймають температуру "хорошої" плинності, що відповідає в'язкості $0,3...0,4 \frac{H \cdot C}{M^2}$ (3.4 пуаз).

Таблиця 3.11 - Перерахунок складу шлаку

| складники | Вміст, % | |
|--------------------------------|----------|-------------------------------|
| | фактичне | у перерахунку на 3 компоненти |
| SiO ₂ | 35,75 | 36,3 |
| Al ₂ O ₃ | 6,6 | 6,7 |
| CaO | 49,5 | 57 |
| MgO | 6,64 | |
| Сума | 98,49 | 100,00 |

Температуру «хорошої» плинності та в'язкість шлаку при 1500°C:

$$t_s \approx 1500^\circ\text{C}$$

$$\eta \approx 2 \text{ пуаза } (0,2 \frac{H \cdot C}{M^2}).$$

Отже, властивості шлаку знаходяться в допустимих межах:

t_s не перевищує 1500 ° C, а η - трохи більше 7 пуаз ($0,7 \frac{H \cdot C}{M^2}$).

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Проблеми й завдання охорони праці в умовах доменного цеху

Виробництво чавуну в доменних печах пов'язане з високотемпературною переробкою великої кількості сипучих матеріалів, тому у виробничих приміщеннях можлива поява небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

В 70% випадків травми мали місце при таких технологічних операціях: очищення носка електропушки, підготовка до випуску жолобів, відкриття чавунної й шлакової льоток. В 15% - при виробництві підйомно-транспортних робіт: збирання сміття, глини, устаткування за допомогою крана.

Розподіл нещасних випадків із причин їх виникнення, %:

| | |
|------------------------------------------------------|------|
| 1. Технічні причини | 28,4 |
| У тому числі: | |
| несправність технічних засобів безпеки | 9,8 |
| конструктивні недоліки | 6,3 |
| несправність устаткування | 7,5 |
| інші | 4,8 |
| 2. Організаційні причини | 71,6 |
| У тому числі: | |
| порушення вимог нормативних документів | 34,1 |
| незадовільна організація забезпечення безпеки робіт, | |
| низький контроль із боку ІТП | 22,7 |
| недостатня навченість | 2,4 |
| порушення організації робіт з поряд-допуску | 9,8 |
| інші | 2,6 |

Найважливішою умовою для розв'язку виробничих завдань є правильно організований, безпечна й високопродуктивна праця. Забезпечення здорових і безпечних умов праці є однієї з головних передумов підвищення продуктивності праці на виробництві.

Велика увага повинна приділятися створенню на виробництві найбільш сприятливих, здорових і безпечних умов праці, усуненню причин виробничого травматизму й професійних захворювань.

Велике значення в системі проведених заходів щодо техніки безпеки й виробничої санітарії має пропаганда знань нормативних актів про охорону праці. Без серйозних знань і дотримання правил техніки безпеки неможливо продуктивно працювати.

4.2 Основні небезпечні й шкідливі чинники пічної ділянки

До небезпечних і шкідливих факторів доменного цеху відносять: теплові виділення й випромінювання при випуску чавуну й шлаків, шум, вібрацію, електричний струм.

Надмірний шум впливає на здоров'я працюючих, сприяє виникненню травматизму й знижує продуктивність праці. Робота в умовах підвищеного шуму протягом всього робочого дня викликає стомлення слуху. Тривалий вплив шуму, що перевищує припустимі норми, приводить до втрати слуху. Шум високих тонів негативно впливає на органи керуючі рівновагою людини в просторі. Рівень шуму в доменнім виробництві становить 83 дБ при рівні, що допускається, звуку 80 дБ.

Дія вібрації викликана роботою технологічного устаткування (машин для розкриття чавунної льотки, пневмо й вібротрамбовки, відбійного молотка і т.д.), передається через струс підлоги й майданчика ливарного двору на весь організм людини (загальна). Тривалий вплив струсів великої частоти й амплітуди викликає вібраційну хворобу, що вражає нервово-м'язову й серцево-судинну системи людини й провідну до ушкодження суглобів. При цьому може бути повна втрата працездатності. При безперервному впливі на людину вібрації протягом робочого дня припустимі значення параметра вібрації в доменному цеху 90 дБ при середнєгеометричній частоті активних смуг 85 Гц, а при 95 дБ – 15 Гц (при припустимій коливальній швидкості 2 мм/с).

Можлива поразка електричним струмом від електроустановок змінного струму 50 Гц. При впливі електричного струму виникають електротравми – електричний удар, опік. Електричний удар можливий при зіткненні з токопідводящими частинами устаткування. Опік обумовлений електричною дугою, що супроводжує комутаційні процеси в електричних колах.

Результат електротравми залежить від ряду факторів – умов зовнішнього середовища й параметрів організму людини. До умов зовнішнього середовища ставляться насамперед характер включення тіла людини в електричне коло, сила струму і напруга в ланцюзі, тривалість його впливу. Велике значення мають температура й вологість навколишнього середовища, з підвищенням якої вага результату зростає. На результат поразки електричним струмом впливають стомлення, хворобливий стан, алкогольне сп'яніння.

Теплове випромінювання викликається інфрачервоними променями. Теплове випромінювання сприяє перегріванню організму й негативно впливає на зір працюючих. Надмірно сильне тепловипромінювання різке погіршує умови праці й може викликати опіки шкіри й втрату працездатності. При підвищеній температурі середовища порушується терморегуляція організму і, як наслідок, підвищення температури тіла. Надмірне підвищення температури тіла може послужити причиною теплового удару, що приводить до втрати свідомості, а в важких випадках навіть до смерті людини. Тепловиділення від доменної печі і ковшів із чавуном й шлаками становить 850 Мкалл/год. Теплове опромінення 1500-3500 ккалл/(м³·год) при випуску чавуну й шлаків.

У повітрі робочої зони ливарного двору доменної печі втримується ряд шкідливих речовин, наведений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вміст шкідливих речовин у робочій зоні ливарного двору доменної печі

| Речовина | ПДК, мг/м ³ | факт. ПДК, мг/м ³ | Клас небезпеки |
|------------------------------------------------------------|------------------------|------------------------------|----------------|
| Ангідрид хром | 0,01 | 0,016 | I |
| Бензопірен | 0,00015 | 0,00082 | I |
| Оксиди марганцю | 0,05 | 0,054 | I |
| Сірководень | 10 | 13 | II |
| Фенол | 0,3 | 1,3 | II |
| Оксиди сірки | 10 | 25 | III |
| Оксиди азоту | 5 | 27,9 | III |
| Азоту діоксид | 2 | 7,8 | III |
| Нафталін | 20 | 60,2 | IV |
| Окис вуглецю | 20 | 54 | IV |
| Кремній діоксид кристалічний зі вмістом пилу від 2 до 10 % | 4 | 240,3 | III |

Окис вуглецю виявляє на організм людини отруйний вплив, тому що зв'язує кисень у крові в карбоксигемоглобін. Інші гази викликають ядуху. Підвищення їх концентрації в повітрі робочої зони приводить до зниження вмісту кисню.

По ступеню впливу на організм людини шкідливості відносяться від першого до четвертого класу.

На кожному підприємстві для контролю над режимом праці й відпочинку робітників є карта робочого місця, де позначене планування робочого місця, умови праці, засобу захисту, а також вміст основних робіт.

4.3 Заходи щодо усунення шкідливих і небезпечних факторів

До заходів щодо зменшення й усуненню шкідливих і небезпечних виробничих факторів ставляться технічні заходи захисту й організаційні заходи, а також індивідуальні засоби захисту.

До організаційних заходів ставляться інструктування й навчання працівників безпечним методам праці, виховання в кожного робітника, службовця, ІТП свідомої дисципліни праці, чіткого й беззастережного виконання вимог правил і інструкцій з охорони праці.

Навчання й інструктаж працівників з питань охорони праці є складовою частиною системи керування охороною праці й проводиться із працівниками в процесі їх трудової діяльності.

Усі працівники, які приймаються на роботу й у процесі роботи проходять на комбінаті навчання, інструктаж з питань охорони праці, надання першої допомоги потерпілим від нещасних випадків, правилам поведінки при виникненні аварій.

По характеру й часу проведення, інструктажі з питань охорони праці підрозділяються на: вступний, первинний на робочім місці, повторний, позаплановий і цільовий (оперативний).

- Вступний інструктаж з питань охорони праці проводять із усіма знову прийнятими на роботу (постійну або тимчасову) незалежно від їх освіти, стажу роботи з даної професії або посади, з відрядженими, учнями й студентами, що прибули на виробниче навчання або практику.

- Первинний інструктаж на робочім місці проводять до початку виробничої діяльності з усіма знову прийнятими на комбінат (постійно або тимчасово), перекладними з одного підрозділу в інше, із працівниками, що виконують нову для них роботу, прикомандировані, які беруть участь у виробничих процесах на комбінаті, з учнями й студентами, що прибули на виробниче навчання або практику.

- Повторний інструктаж проводиться на робочім місці з усіма працівниками: на роботах з підвищеною небезпекою — один раз у квартал, на інших роботах — один раз у півріччя.

Позаплановий інструктаж проводиться із працівниками на робочім місці або в кабінеті по охороні праці: при введенні в дію нових або перероблених нормативних актів про охорону праці, а також змін і доповнень до них; при зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, пристосувань, інструмента, вихідної сировини, матеріалів і інших факторів, що впливають на безпеку праці; при порушенні працюючими, учнями й студентами вимог нормативних актів про охорону праці, які могли привести до травми, аварії й т.п.; на вимогу органів державного нагляду; - при перервах у роботі підвищеної небезпеки більш 30 календарних днів, а для інших робіт - більш 60 днів.

Цільовий інструктаж проводиться із працівниками: при виконанні разових або рідко повторюваних робіт, не пов'язаних із прямими обов'язками за фахом (навантаження, вивантаження, збирання й т.п.); при ліквідації наслідків аварії, стихійних лих; при провадженні робіт, на які оформляється вбрання-допуск, дозвіл і інші документи; при проведенні екскурсій на комбінаті; при організації масових заходів з учнями (екскурсії, походи, спортивні змагання й ін.).

У таблиці 4.2 представлені технічні заходи захисту в доменному цеху.

Для зниження шкідливого впливу теплового випромінювання на робочих місцях на ливарному дворі встановлена стаціонарна система вентиляції й кондиціонування повітря, а також місцеві вентиляційні установки із пристроєм водорозпилення. Для ізоляції жолобів, ванн із чавуном і шлаками застосовують теплоізоляційні кришки й екрани.

Таблиця 4.2 – Технічні заходи захисту від потенційних небезпечних і шкідливих факторів.

| Небезпечний або шкідливий фактор виробничої сфери | Захисний пристрій | Тип пристрою | Параметри пристрою і його характеристика | Місце установки на плані печі |
|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Тепловиділення при випуску чавуну й шлаків, головних жолобів і ванн | Накриття кришками: головні жолоби, транспортні жолоби, ванни чавуну й шлаків | Аспіраційна система | Тип рукавного фільтра $\Phi = 11500 \text{ м}^2$ Продуктивність $1000000 \text{ м}^3/\text{год}$ | На карті печі |
| Виділення диму | Нагнітальна вентиляція, аспірація | Витяжна аспіраційна система | Тип рукавного фільтра $\Phi = 11500 \text{ м}^2$ продуктивність $1000000 \text{ м}^3/\text{год}$ | Район чавунної й шлакової льотки На карті печі |
| Пилопригнічення | Система пилопригнічення | Пилопригнічення азотом Аспіраційна система | Тип рукавного фільтра $\Phi = 11500 \text{ м}^2$ продуктивність $1000000 \text{ м}^3/\text{год}$ | На засипному апарату доменної печі На карті печі |
| Шум | Шумопоглинальні екрани | Металевий аркуш | Товщина 10 мм | Будинок печі й ливарного двору |

Для зниження шуму, створюваного вентиляційними системами передбачені наступні заходи:

- розміщення вентиляційного устаткування в ізольованих приміщеннях;
- установка вентиляторів на віброніставах із приєднанням повітряводів через гнучкі вставки;
- застосування вібродемпфуючих мастик для покриття кожухів димососів Д-26 системи аспірації.

Для виконання робіт обслуговуючий персонал забезпечується необхідними спецодягом, спецвзуттям і іншими засобами індивідуального захисту (запобіжними поясами, захисними окулярами, гумовими діелектричними рукавичками, калошами, ботами, килимками, протигазами, респіраторами, рукавицями, касками, повстяними капелюхами, «беруші» і т.д.).

Відповідно до вимог санітарних норм для доменного виробництва передбачається встановлення санітарно-захисної зони.

У генеральному плані металургійного заводу доменні цехи проєктують у єдиному блоці з агломераційними й мартенівськими цехами, а також газовим цехом для кращого обслуговування залізничним і внутрішнцеховим транспортом. Доменні цеха планують так, щоб переважні вітри були спрямовані в протилежну сторону від комбінату.

При виконанні капітального ремонту на ДП-3 передбачається ряд природоохоронних заходів, спрямованих на поліпшення екологічної обстановки в прилягаючі до меткомбінату житлових районах.

Для зниження забруднення атмосфери передбачається:

- азотоподавлення викидів із проміжних бункерів;
- аспіраційні вкриття скіпової ями, приймальної воронки, завантажувального пристрою з наступним очищенням у тканинному фільтрі;
- пристрій аспірації ливарного двору (місце зливу чавуну й шлаків у ковші, жолобів і чавунних льоток) з відводом повітря на очищення від пилу в тканинному фільтрі.

Для виключення електротравми застосовують захищене, ізольоване й заземлене устаткування. Щоб виключити можливість дотику до неізольованих струмоведучих частин або небезпечного наближення до неізольованих струмоведучих частин, застосовують огороження й блокування. Струмоведучі частини розташовують на недоступній висоті або в недоступних місцях.

Максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин у житлових районах міста від джерел ДП-3 після капремонту зменшаться й будуть значно нижче гранично припустимих по санітарних нормах.

Здійснення перерахованих вище заходів дозволить зменшити економічний збиток, який наноситься народному господарству шкідливими викидами в атмосферу на 1,04 млн. грн./рік.

У проєкті передбачені конструктивні заходи щодо зниження рівня шуму від повітряно-розвантажувального клапана «Снорт» і скидних клапанів завантажувального пристрою доменної печі.

Відвід дуттєвого повітря від повітряно-розвантажувального клапана передбачається через спеціальний глушитель.

Розраховані величини зниження рівня шуму від повітряно-розвантажувального клапана наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Розрахункові величини рівня шуму.

| Активні смуги частот, Гц | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | Еквівалент, дБА |
|-------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|--------------------|
| Величина зниження шуму, дБ | 10,8 | 16,7 | 16,7 | 16,7 | 16,4 | 15,5 | 15,8 | |
| Рівень шуму після шумопониження, дБ | 66 | 63 | 67 | 64 | 68 | 71 | 74 | 75 |
| Норма | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 70 | 80 |

Водопостачання доменного здійснюється за зворотною схемою, що повністю виключає скидання забруднених стоків у водойми.

Пил, що уловлюється в тканинних фільтрах аспіраційних газоочищень ливарного двору й скіпової ями, направляється на утилізацію на аглофабрику.

Скидання газів межконусного простору через зрівняльні клапани по знову споруджуваному трубопроводу в газоочищення доменного газу, а не в атмосферу за звичайною схемою, дозволить знизити рівень шуму до загальноцехового фону.

4.4 Заходи протипожежної безпеки

Пожежі на виробництві становлять небезпеку для працюючих, заподіюють значні uszkodження й матеріальний збиток, можуть викликати зупинку робіт.

Причинами пожеж можуть бути недоліки в будівельних конструкціях, спорудженнях, плануванні приміщень, пристрої комунікацій, дефекти обладнання, порушення режимів технологічних процесів, неправильне ведення робіт, необережність і недбалість персоналу, самозаймання, розряди атмосферної й статичної електрики.

По здатності до горіння речовини й матеріали діляться на: негорючі (що не згорають), важкогорючі (важкоспалимі) і горючі (що згорають).

До негорючих відносяться речовини й матеріали, які не здатні до горіння на повітрі.

До важкогорючих відносяться речовини й матеріали, які можуть займатися при дії джерела загоряння, але нездатні до самостійного горіння після видалення джерела.

До горючих відносяться речовини й матеріали, здатні займатися від джерел запалювання й самостійно горіти після видалення джерела.

До легкозаймистих відносяться горючі речовини й матеріали, які при зберіганні на відкритім повітрі або в приміщенні здатні без попереднього підігріву займатися від короткочасної дії джерела запалювання незначної енергії (полум'я сірника, електроіскри).

До вибухонебезпечних відносять речовини й матеріали, які можуть: вибухати від зовнішніх джерел тепла (горючі, стислі й зріджені гази, пари розчинників); від удару (екзотермічні матеріали); при змішуванні з іншими речовинами й матеріалами (негашене вапно або карбід кальцію з водою у відкритій посудині, ацетилен із солями міді).

Вибухонебезпечної є також пил деяких твердих речовин (алюмінієва пудра, деревна, феросплавна, коксова, вугільна й т.п.).

У доменному цеху застосовуються доменний і природний газ, які в суміші з повітрям у певному співвідношенні вибухонебезпечні

Таблиця 4.4 – Межі вибуховості газів

| Гази | Нижня межа | Верхня межа | Діапазон вибуховості |
|-----------|------------|-------------|----------------------|
| Доменний | 40 | 73 | 33 |
| Природний | 5 | 15 | 10 |

Вибухова суміш дає вибух (запалюється) при наявності джерела запалення, яким може бути: відкритий вогонь, іскра або розпечений предмет, або ж при нагріванні суміші до температури самоzapалювання, для доменного газу 650°C , а для природного – 650-710°C .

Відповідно до ГОСТ 12.1.044 – 85 розрізняють наступні категорії вибухо- і пожежонебезпеки: А, Б, В, Г, Д, Е.

Категорія А. До цієї категорії відносяться вибухо – і пожежонебезпечні виробництва, у яких застосовуються:

горючі гази, нижня межа вибуховості яких 10,% і менш до обсягу повітря;

рідини з температурою спалаху пар до +28°C включно за умови, що зазначені гази й рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в обсязі, що перевищує 5% обсягу приміщення;

речовини, здатні вибухати й горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.

У доменному цеху до категорії А відносяться:

- газозмішувальна станція для змішання чистого доменного газу із природним газом для обігріву повітрянагрівачів;
- приміщення газового господарства;
- естакада із трубопроводами доменного й природного газів.

Категорія Б. До цієї категорії відносяться виробництва, у яких застосовуються:

- горючі гази, нижня межа вибуховості яких більш 10,% до обсягу повітря;
- рідини з температурою спалаху пар вище 28 до 61°C включно;
- рідини, нагріті в умовах виробництва до температури спалаху й вище;
- горючі пили або волокна, нижня межа вибуховості яких 65 г/м³ і менш до обсягу повітря за умови, що зазначені гази, рідини й пили можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в обсязі, що перевищує 5% обсягу приміщення.

До категорії Б у доменному цеху відносять:

- приміщення датчиків контролю доменного газу;
- газоочисні установки колошникового газу (пиловловлювачі, скрубери, каплевіддільників).

Категорія В. До цієї категорії відносяться виробництва, у яких застосовуються:

- рідини з температурою спалаху пар вище 61°C;
- горючі пили або волокна, нижня межа вибуховості яких більш 65 г/м³ до обсягу повітря;
- речовини, здатні тільки горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним;
- тверді спаленні речовини й матеріали.

До категорії В відносяться:

- машинні будівлі скіпових підйомників;
- бункерна естакада з підбункерними приміщеннями;

- відділення приготування леткових мас.

Категорія Г. До цієї категорії відносять виробництва, у яких застосовуються: неспаленні речовини й матеріали в гарячій, розпеченій або розплавленому стані, процес обробки яких супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я;

тверді, рідкі й газоподібні речовини, які спалюються або утилізуються в якості палива.

До категорії Г у доменному цеху відносять:

- доменні печі, ливарні двори, піддоменики, колошникові підйомники, установки придоменної грануляції шлаку;
- пиловловлювачі, повітрянагрівачі;
- будівлю розливних машин чавуну;
- головний пост керування піччю.

Категорія Д. До цієї категорії відносяться виробництва, у яких застосовуються неспаленні речовини й матеріали в холодному стані.

Категорія Е. До цієї категорії відносяться виробництва, у яких застосовуються:

- горючі гази без рідкої фази й вибухонебезпечні пили в такій кількості, що вони можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в обсязі, що перевищує 5% обсягу приміщення, у якому за умовами технологічного процесу можливий тільки вибух (без наступного горіння);
- речовини, здатні вибухати (без наступного горіння) при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним.

До категорії Е відносяться приміщення димососів, вентиляторів.

У доменному цеху категорія вибухо- і пожежонебезпеки Г.

Усі будівлі й спорудження залежно від вогнестійкості діляться на п'ять ступенів:

- I ступінь вогнестійкості — конструкції з кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону із застосуванням інших негорючих матеріалів.
- II ступінь вогнестійкості — те ж. У покриттях допускається застосовувати незахищені сталеві конструкції.

- III, Ша, ШБ ступінь вогнестійкості — будинку з несучими конструкціями, що й обгороджують, покриттями з кам'яних матеріалів, бетону або залізобетону. Для перекриттів допускається використовувати дерев'яні конструкції, захищені від загоряння (із важкогорючих матеріалів); будинку з каркасними структурами зі сталевих конструкцій, з каркасів, виконаних з деревини, підданій вогнезахисній обробці.

- IV ступінь вогнестійкості — будинку з конструкціями з деревини й інших горючих і важкогорючих матеріалів, захищених від загоряння. Будівля ступеня IVa - переважно одноповерхові з каркасом. Він може бути зі сталевих незахищених конструкцій, конструкції що обгороджують — з негорючих матеріалів з горючим утеплювачем.

- V ступінь вогнестійкості— усі конструкції можуть бути спаленні.

У всіх будівлях доменного цеху протипожежні стіни виконуються з неспалених матеріалів. Їх роблять із обпаленого цегли або з бетону, залізобетону.

Приміщення: керування піччю, машзал лебідки скіпового підйомника, гідроаккумуляторна станція; електроприміщення повітрянагрівачів, скіпового підйомника, механізмів для розкриття й закриття льоток, хитаючихся жолобів; – обладнані системою протипожежної сигналізації, контрольний пункт якої перебуває в приміщенні керування піччю.

До засобів гасіння пожеж у цеху відносяться: вода, пісок, вогнегасники вуглекислотні й хімічнопінні, пара.

Вода в розпиленому стані може застосовуватися для гасіння палаючих нафтопродуктів з температурою спалаху понад 120° С. Витрата води в доменному цеху залежить від вогнестійкості будинку (1 ступінь) і дорівнює 40 л/с на одну пожежа. Тривалість гасіння пожежі становить 3 ч.

Вода надходить по пожежному трубопроводу із цеху водопостачання, пожежні крани розташовані в районі хитаючихся жолобів.

До складу хімічної піни входить 80 % вуглекислого газу, 19,7 % води й 0,3 % піноутворюючої речовини.

Вогнегасник хімічний пінний ручний ВХП-10/24 використовується в цеху для гасіння пожежі, що починається, твердих горючих матеріалів, легкозаймистих рідин. Забезпечує гасіння на площі близько 1 м².

Вуглекислотний вогнегасник ВВ-5 знижує вміст кисню в повітрі зони горіння до межі, при якій горіння припиняється.

Вогнегасник порошковий ОП-1 "Момент" \ ОП - 10 (ємність балона 1л/10л): з їхньою допомогою можна гасити загоряння в електроустановках, що перебувають під напругою до 1000 В. Після роботи необхідно перезарядити спеціальним вогнегасним порошком.

При заpalенні приміщення насосної станції і гідравлічного приміщення застосовується система пожежогасіння парою. Пара знижує вміст кисню в повітрі (вогнищі горіння). На доменній печі передбачена також система пожежогасіння «Іванова».

Ділянки цеху, будівлі, спорудження й приміщення позначені відповідними знаками безпеки відповідно до ГОСТ 12.4.026-76.

Територія цеху має протипожежні розриви будівлями, спорудженнями, відкритими майданчиками для зберігання матеріалів, устаткування й т.п.

ВИСНОВКИ Й РЕКОМЕНДАЦІЇ

У період проведення капітального ремонту I розряду з реконструкцією доменної печі № 3 комбінату «Запоржсталь» були проведені наступні основні заходи:

- а) заміна застарілого обладнання на нове;
- б) розробка й впровадження автоматичної системи керування ходом доменної печі;
- в) застосування новітньої обчислювальної техніки в технології плавки.

Продуктивність печі після проведення реконструкції склала 1100 тис. т у рік.

Після капітального ремонту передбачається робота доменної печі на наступних матеріалах: агломерат офлюсований власної аглофабрики, окатиші офлюсовані з добавкою залізної руди, шлаків сілікомарганцю.

У якості добавок, що флюсують, намічається вапняк звичайний і доломітизований, мартенівський шлаки. У якості твердого палива — металургійний кокс.

З метою економії коксу передбачається вдмухування в горно доменної печі природного газу.

Після здійснення капітального ремонту з реконструкцією доменної печі №3 передбачається виплавка передільного чавуну. Чавун, виплавлений на доменній печі №3 після капітального ремонту з модернізацією відповідає по хімічному складу.

Дані технічні заходи дозволять одержати продукцію заданого состава в склавшихся сировинних умовах.

У спеціальній частині проєкта, на підставі літературних джерел, проведене порівняння ефективності розподілу шихти безконусними завантажувальними пристроями типів воронка-скліз й лоткового. Для раціональної організації газового потоку в печі, з метою підвищення продуктивності й зниження витрати коксу, завантаження матеріалу повинне здійснюватися цілеспрямовано.

Обидва типи БЗП мають широкий вибір можливостей впливати на розподіл матеріалів по поверхні колошника, вони дозволяють завантажувати шихту в багатокільцевому, секторному й точковому режимах. Але, у зв'язку з конструктивними особливостями, ступінь цього впливу, у розглянутих БЗП, різна.

У завантажувальному пристрої типу вирва-сковзало радіальний розподіл рудного навантаження (РРН) досягається зміною кута неузгодженості вирви й

сковзала (див. рис. 3.2, 3.4). Для усунення окружної нерівномірності розподілу шихти застосовується завантаження по спеціальній програмі з використанням «гаражних» положень.

Совкова насадка на випускному отворі воронки формує кут сектору розтікання шихти по сковзалу до 45° — 50° . У результаті ширина кільцевої зони, що завантажується матеріалом, становить близько 30% від радіуса колошника (тобто $1/3$), а величина максимуму шихти — 30 – 45% від ширини кільцевої зони. Таким чином, матеріал укладається широким шлейфом. Кути 0° і 15° можливо застосовувати тільки при більш якійсій шихті, тому що це пов'язане зі збільшенням рівня засипи до 0,75 – 1,0 м.

Кокс при зсипанні з кута неузгодженості 180° не попадає компактно в центр, а розсипається по всій поверхні колошника з максимумом матеріалу на 60% по радіусу колошника від центру печі (див. рис. 3.3).

На місці перетинання траєкторії падіння матеріалу зі сковзала з поверхнею засипу виявляють злиття багато факторів: вид матеріалу, гранулометричний склад, величина кута неузгодженості, напрямок обертання сковзала, сили діючі з боку обертового сковзала, величина кута розсипання. Істотний вплив на розподіл матеріалу по поверхні колошника, при зсипанні широким шлейфом, виявляє так само й форма поверхні засипи й кути укусу компонентів шихти.

У завантажувальних пристроях цього типу неможливе регулювання витрати матеріалу в процесі вивантаження однієї порції через наявність вирви, що працює в режимі нагромадження. Тому, для усунення таких, приміром, розладів ходу печі, як: перекіс поверхні засипи, каналний хід, — необхідно переводити завантаження на ручне керування для здійснення секторного або крапкового режиму завантаження.

У БЗП лоткового типу так само окружна нерівномірність усувається з використанням «гаражних» положень, а РРРН – зміною положення (кута нахилу) робочого органа – лотка.

Наявність 11 фіксованих положень кута нахилу лотка від 0° до 53° дозволяє подавати шихту в будь-яку зону колошника (див. рис. 3.6)

Розподільник лоткового типу забезпечує необхідну концентрацію матеріалів у всіх зонах колошника. Радіальна ширина кільцевої зони, що безпосередньо

завантажується, становить близько 20% від радіуса колошника. Максимальна концентрація шихти в проміжній частині колошника становить 35 – 50% від ширини кільця, у периферійній — 50 – 80%.

При такому розподілі матеріалу кути укосу компонентів шихти практично не впливають на розподіл рудного навантаження по радіусу, тому що поверхня шихти формується з окремих кілець, і її згладжена форма не завжди відповідає кутам укосу матеріалу.

Рух матеріалу по лотковій й на траєкторії від лотка до поверхні засипу краще піддається моделюванню, чому при зсипанні широким шлейфом зі сковзала. Тому що в цьому випадку потік матеріалу являє собою компактний струмінь

У Дніпропетровським металургійному інституті розроблена така модель, яка дозволяє здійснювати заданий характер розподілу шихтового матеріалу по перетину колошника. На рисунку 3.4 представлені траєкторії зсипання шихти при різних кутових положеннях лотка. Вони отримані розрахунками й згодом підтверджені при практичних експериментах на діючій печі.

БЗП лоткового типу дозволяє усувати перекося поверхні засипи або такий розлад, як каналний хід, у процесі вивантаження однієї – двох порцій матеріалів шляхом управління розкриття шихтових затворів. Дана можливість реалізується в автоматичному режимі шляхом цілеспрямованої зміни обсягу, що вивантажується матеріалу в заданих секторах колошника. Це дозволяє вирівнювати газорозподіл у печі за рахунок зменшення рудного навантаження в зоні низьких і підвищення в зоні високих температур.

Таким чином безконусний завантажувальний пристрій лоткового типу по своїм можливостям по впливу на розподіл шихти й організацію газового потоку — ефективніше розподільника типу ворнка-скліз й може бути рекомендоване до установки на реконструюємій доменній печі № - 3 комбінату «Запоріжсталь». При цьому рекомендується проведення вивчення характеру розподілу безпосередньо на печі в період завантаження роздувочної шихти й дослідження якісних і кількісних характеристик регулювання розподілу на техніко-економічні показники роботи печі, з метою визначення раціональних програм завантаження.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» були розроблені заходи щодо боротьби зі шкідливими й небезпечними факторами на виробництві.

Застосування аспіраційної системи дозволить поліпшити умови праці обслуговуючого персоналу за рахунок зниження викидів шкідливостей в атмосферу при випуску продуктів плавки з печі, відсмоктування пилу з приймальної воронки й скіпової ями, оздоровити екологічну обстановку в регіоні.

Застосування очисних споруджень дозволило зменшити скидання стічних вод у р. Дніпро.

Також розроблялися заходи щодо боротьби із вибухо- і пожежонебезпекою, електробезпечністю, зниженням травматизму на робочих місцях

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Основи металургійного виробництва металів і сплавів : підручник для металург. спец. вищ. навч. закл. / Д. Ф. Чернега, В. С. Богушевський, Ю. Я. Готвянський [та ін.] ; за ред. Д. Ф. Чернеги, Ю. Я. Готвянського. Київ : Вища шк., 2006. 503 с.
- 2 Крячко Г.Ю., Сігарьов Є.М., Мастеровенко О.Л. Теорія та технологія доменного процесу: навчальний посібник. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2016. 306 с.
- 3 Смірнов О. М., Зборщик О. М. Позапічне рафінування чавуну і сталі : навчальний посібник. Донецьк : Ноулідж, 2013. 179 с.
- 4 Вегман Е.Ф., Жеребин Б.Н., Похвиснев А.Н. и др. Металлургия чугуна. Изд. 3 перераб. и дополн. / Под ред. Ю.С. Юсфина. Москва: ИКЦ «Академкнига», 2004. 774с
- 5 Плискановский С.Т., Полтавец В.В. Оборудование и эксплуатация доменных печей. Днепрпетровск: Пороги, 2004. 496с
- 6 Мовчан В.П., Бережний М.М. Основи металургії. Дніпропетровськ: Пороги, 2001. 334 с.
- 7 Готвянський Ю.Я. Фізико-хімічні та металургійні основи виробництва металів: Навч. посібник. Київ: ІЗМН, 1996. 392 с.
- 8 Харлашин П.С. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з дисципліни «Фізико-хімічні основи виробництва чистих металів». Маріуполь: ДВНЗ «ПДТУ», 2009. 14 с.
- 9 Харлашин П.С., Єршов Г.С., Тарасов В.П., Скребцов О.М., Роянов В.А., Сударев В.П. Металургия (проблеми, теорія, технологія, якість): Підручник. Донецьк: ТОВ «Норд-комп'ютер», 2005. 724 с.
- 10 Наказ МОЗ від 14.07.2020 № 1596 «Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони».
- 11 Алиев Г.М.-А. Техника пылеулавливания и очистки промышленных газов. — Москва: Металлургия, 1986. 544 с.
- 12 ДНАОП 1.1.10-1.01-97 (НПАОП 40.1-1.01-97) Правила безпечної експлуатації електроустановок.

- 13 СНиП 2.01.02-85*. Протипожежні норми (Діє ДБН В 1.1-7-2002) (2.01.02-85*) (СНиП 2.01.02-85*. Противопожарные нормы (Действует ДБН В 1.1-7-2002)).
- 14 ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.
- 15 ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
- 16 ДСТУ 2867-94 Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. Загальні вимоги.