

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

КАФЕДРА МЕТАЛУРГІЇ

(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

БАКАЛАВР

(рівень вищої освіти)

на тему РОЗРОБКА ТА ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ
МЕТАЛУРГІЙНОГО КОКСУ

Виконав: студент V курсу, групи МЕТ-17-1Б3
спеціальності 136 "МЕТАЛУРГІЯ"

(код і назва спеціальності)

освітньої програми "МЕТАЛУРГІЯ"

(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

Янков Георгій Геннадійович

(ініціали та прізвище)

Керівник Зав. каф., к.т.н., доц. Кириченко О.І.

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

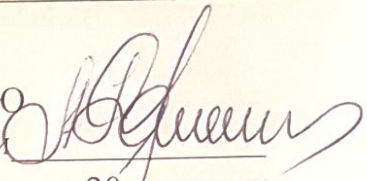
Рецензент А.Х.Н., проф., с.и.с. Іртіцьков А.В.

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

Запоріжжя
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра МЕТАЛУРГІЇ
Рівень вищої освіти БАКАЛАВР
Спеціальність 136 "МЕТАЛУРГІЯ"
(код та назва)
Освітня програма 136 "МЕТАЛУРГІЯ"
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри 
« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Янкову Теорію Геннавіювичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) РОЗРОБКА ТА ВИПРОБАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОКСУ

керівник роботи Кириченко О.І. к.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 17 » 01 2022 року № 91-С

2 Строк подання студентом роботи 10.06.2022

3 Вихідні дані до роботи ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОКСУ. ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ КОКСХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА. НАУКОВО-ТЕХНІЧНА ЛІТЕРАТУРА, АВТОРСЬКІ СВІДОЦТВА

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) ІНТЕРНАТ. ВСТУП. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА. СТРУКТУРА І ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОКСХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА. ВИСНОВКИ. ПЕРЕЛІК АЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Розв'яз 1, розв'яз 2, розв'яз 3, розв'яз 4 ІО КРЕСЛЕНЬ

6 Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	Авг. Кириченко О.І.		
2 СТРУКТУРА І ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	Авг. Кириченко О.І.		
3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ	Авг. Кириченко О.І.		
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	Авг. Кириченко О.І.		

7 Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

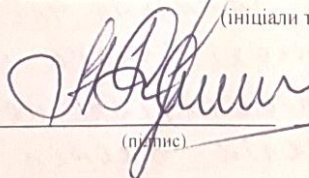
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	ВСТУП, РЕФЕРАТ		
2	1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА		
3	2 СТРУКТУРА І ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА		
4	3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ		
5	4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА		
6	ГРАФІЧНА ЧАСТИНА		

Студент _____


 (підпис)

 І.І. Янко
 (ініціали та прізвище)

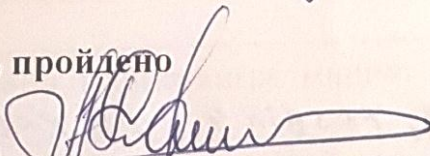
Керівник роботи (проекту) _____


 (підпис)

 О.І. Кириченко
 (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____


 (підпис)

(ініціали та прізвище)

Реферат

Розрахунково-пояснювальна записка: 83 с., 9 табл., 6 рис., 30 джерел.

КОКС, ШИХТА, ЯКІСТЬ, ФАКТОРИ, ВУГІЛЛЯ, СТРУКТУРА, ВЛАСТИВОСТІ

Тема кваліфікаційної роботи: Розробка та впровадження сучасних технологічних процесів виготовлення металургійного коксу.

Мета роботи – узагальнення досвіду отримання високоякісного коксу з аналізом основних факторів в процесі виробництва.

У розділі «Загальна частина» розглянута загальна характеристика коксохімічного виробництва в контексті тенденцій світового ринку коксу.

У розділі «Структура і технологічна схема коксохімічного виробництва» представлена загальна характеристика основних та допоміжних цехів коксохімічного виробництва.

У розділі «Розрахунок процесу виробництва коксу» представлено призначення та характеристика коксової батареї; опис системи опалення коксової батареї; характеристика газопідвідної арматури для коксової батареї; характеристика газів для обігріву коксової батареї та проведений розрахунок шихти для коксування.

У розділі «Технологічна частина» представлені шляхи вдосконалення технології підготовки вугілля для коксування та нові технології коксування вугілля.

Запропоновані технологічні рішення переозброєння рекомендуються для дослідно-промислових випробувань в коксохімічних цехах України.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	9
1.1 Коксохімічне виробництво в контексті тенденцій світового ринку коксу.....	9
2. СТРУКТУРА І ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	19
2.1 Основні цехи коксохімічного виробництва.....	19
2.1.1 Вуглепідготовчий цех.....	20
2.1.2 Коксовий цех.....	21
2.1.3 Цех уловлювання хімічних продуктів коксування.....	21
2.1.4 Цех сірко очистки.....	23
2.1.5 Цехи переробки хімічних продуктів коксування.....	24
2.2 Допоміжні цех коксохімічного виробництва.....	26
3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ.....	28
3.1 Призначення та характеристика коксової батареї.....	28
3.2 Опис системи опалення коксової батареї.....	28
3.3 Характеристика газопідвідної арматури для коксової батареї.....	30
3.4 Характеристика газів для обігріву коксової батареї.....	34
3.5 Розрахунок шихти для коксування.....	38
3.5.1 Розрахунок виходу коксу.....	38
3.5.2 Розрахунок теплового балансу коксування.....	38
3.5.3 Розрахунок кількості газу на обігрів коксової батареї.....	50
4 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	52
4.1 Шляхи вдосконалення технології підготовки вугілля для коксування.....	52
4.2 Нові технології коксування вугілля.....	65
4.2.1 Виробництво коксу за технологією SCOPE 21.....	67
4.2.2 Коксування трамбованої вугільної шихти.....	68
4.2.3 Технологія регулювання вологості вугільної шихти.....	70
4.2.4 Процеси регулювання вологості і підсушування вугільної шихти з кускуванням її пилоподібних класів.....	71

4.2.5 Контроль вогнетривкої кладки регенераторів коксової батареї.....	73
4.2.6 Технологія коксування без уловлювання хімічних продуктів.....	75
4.2.6.1 Технологія виробництва коксу компанії «Indiana Harbor Coke Company LTD».....	75
4.2.6.2 Технологія виробництва коксу компанії «Shanxi Sinochem Wonder Industries Company LTD».....	76
4.2.7 Новий продукт - замітник доменного коксу.....	77
ВИСНОВКИ.....	80
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	81

ВСТУП

В останні роки швидке збільшення світової виплавки чавуну і сталі держить в постійній напруженості коксове виробництво, висуваючи перед ним нові вимоги і задачі за кількісним та якісним забезпеченням металургії коксом. Це становище, а також численні внутрішні проблеми (повсюдне старіння коксових заводів і основних агрегатів - коксових батарей, напруженість із забезпеченням в достатньому об'ємі вугіллям для коксування, все більш жорсткі вимоги до екологічної безпеки, нестабільність світового ринку коксу та ін.) чинять життя власників коксового виробництва далеко не безхмарним. І українська коксохімія, що входить в головну п'ятірку світових виробників коксу та інтегрована в національний і світовий гірничо-металургійні комплекси, не є винятком.

Металургія переживає регенерацію, частка її в світовому валовому продукті і далі буде зростати, коксове виробництво видужує - так оцінюють експерти сучасний стан однієї з ключових галузей світової економіки. Якщо вчора мовилося про надлишкові потужності, стагнації зростання, довготривалому падінні цін, повільному поверненню коштів акціонерам, то сьогодні про металургію говорять як про зростаючу, прибуткову, перспективну галузь.

На початку XXI віку світова металургія встановила рекорд, перейшовши мільярдну відмітку виплавки сталі.

Все це говорить про те, що виготовлення сталі і далі буде зростати, відповідно, буде рости потреба на залізну руду, а виробництво коксу і видобуток коксівного вугілля одержують хороший шанс для подальшого розвитку.

Про те, що в металургії знов має місце позитивна динаміка, вказує також тенденція збільшення цін на металопродукцію, що підкріплюється прогнозом, що ці ціни будуть лишатися високими.

Очікують, що використання сталі і далі буде рости. Триває глобалізація сталеливарного виробництва: вже тепер п'ять найбільших компаній (Arcelor Mittal, Nippon Steel, Tata + Corus) виробляють 20% світового обсягу сталі.

Нааявність надлишкових для українського ринку потужностей при слабкій потребі на українську продукцію з боку експортного ринку; брак коксівного

вугілля, відсутність дешевої транспортної інфраструктури – центральні камені спотикання вітчизняної коксохімії.

В умовах жорсткої конкуренції на експортних ринках з сторони російських та китайських продуцентів коксу, надлишкові потужності українських коксохіміїв спонукують до ще більшої їх залежності від внутрішнього попиту. Висока собівартість українського коксу звужує попит з боку інших галузей і замикається на металургії. Неоднорідне розподілення сталеливарних комбінатів і коксових заводів між українськими фінансовими групами при гострому дефіциті високоякісного коксівного вугілля спричинює до парадоксу, коли факт надлишкових коксових потужностей реально виключає можливість задоволення попитів українських меткомбінатів за рахунок внутрішнього виробництва.

Відтак «кокові» активи лишаються відносно дешевими, придбання коксівного заводу зовсім не вирішує усіх питань з постачаннями коксу для виробника сталі. Головні складності для виробників коксу пов'язані з поставками коксівного вугілля. Дефіцит вугілля для коксування оцінюється на рівні 8 млн. т – 10-11 млн т.

Необхідність імпорту зумовлена не просто дефіцитом товарного обсягу, але й безкомпромісним браком в Україні спеціальних сортів вугілля, потрібних для виробництва коксу.

Тому основним завданням роботи стояло розробка та впровадження сучасних технологічних процесів виробництва металургійного коксу.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД СУЧАСНИХ ПРОЦЕСІВ КОКСУВАННЯ ВУГІЛЛЯ

1.1 Коксохімічне виробництво в контексті тенденцій світового ринку коксу

За даними Resource-Net (Брюссель, Бельгія), світове виготовлення коксу складає майже 515 млн.т (суха вага).

Географія виготовлення коксу дуже змінилася: його обсяги зменшилися майже у всіх регіонах, за винятком Азії, де з 1993 р. найбільшим продуцентом і експортером став Китай, в той час як Європа є найбільшим гуртовим імпортером коксу як за обсягом, так і за частиною імпорту в загальній кількості споживаного коксу [1].

Таблиця 1.1 – Світове виробництво коксу, млн.т (суха вага)

регіони	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Європа	54,656	49,759	47,305	48,946	50,436	49,218	51,274
СНД	49,6	48,858	49,228	53,417	55,472	50,138	51,350
Північна Америка	24,784	21,983	21,162	20,554	19,209	19,282	19,483
Латинська Америка	9,525	9,588	9,754	9,575	10,145	10,555	10,789
Країни Південної Африки	3,146	2,629	2,593	2,622	2,803	2,840	2,830
Близький і Середній Схід	5,879	5,783	5,581	5,744	5,765	5,792	5,943
Азія	192,678	199,582	211,874	246,938	276,381	326,046	369,919
Австралія	3,479	3,268	3,280	3,277	3,361	3,278	3,285
Всього, світове виробництво	343,746	341,451	350,776	391,073	423,572	467,150	514,873

Найбільшим європейським імпортером коксу є Німеччина. У зв'язку з недостатніми вкладеннями в виробництво нових потужностей варто чекати збільшення імпорту коксу в Австрію, Чехію, Сербію, Словаччину та Швецію.

У Північній Америці головним імпортером коксу є США, в Латинській Америці - Бразилія, в Азії - Індія і Японія, на Близькому Сході - Іран.

Очікують, що інвестиції в виготовлення будуть рости, передусім там, де збільшення потужностей до цього дещо сповільнилося. Хвилює

незбалансованість ринку сталі, наприклад, можливість його перенасичення. У цьому сенсі своєрідне занепокоєння викликає Китай.

Китайський фактор

Роль і значення Китаю на сучасному етапі розвитку світової металургії коротко можна оцінити наступним чином.

Китай панує в збільшенні виробництва металургійної продукції і збереже дану позицію в найближчі роки. Китай займає лідируюче місце за швидкостями введення нових потужностей в металургії.

Завдяки бурному зростанню виробництва сталі Китай трансформувався в чистого експортера металопродукції. Китай є країною з максимальною потребою в сталі. За даними Eurofer світовий попит в сталі склала 1,113 млрд. т, а Китаю - 356 млн.т. (32%).

Китай має максимальну в світі кількість потужностей по виробництву коксу - 350 млн.т./рік, має 1400 коксових батарей, з них 56 з потужністю, що перевершує 1 млн.т./рік кожна.

В останні роки Китай стабільно поставляє на світовий ринок біля 15 млн.т. коксу на рік, що становить майже 50% світової торгівлі коксом.

За думками експертів Китай буде лишатися основним джерелом нестабільності в світових поставках металургійної продукції.

Через те що Китай домінує в світовій торгівлі коксом, то встановлювані в цій країні ціни на кокс роблять суттєвий вплив на формування ціни на світовому ринку [2].

Виробничі потужності

Починаючи з 1980-х рр. більшість розвинених країн (Німеччина, США, Японія та ін.), які до цього додержувалися положення самозабезпечення коксом, стали на шлях зменшення його виробництва, закриття підприємств і переорієнтації на світовий ринок коксу, який активно заповнювався Китаєм. Великою мірою це було пов'язано з сучасними екологічними стандартами, а також з тим, що в цей період світ розпочав відчувати постійно зростаючий брак вугілля для коксування необхідної якості.

В наслідку на початку нинішнього століття в світі постав певний дефіцит коксу, і сформувалася панівна роль Китаю. Це призвело до різкого збільшення цін на кокс.

Намітилася в останні роки тенденція створення сучасних і підтримки наявних потужностей по виробництву коксу набуває незворотного характеру.

При цьому коксові батареї скрізь старіють. За оцінкою експертів, середній світовий вік батарей становить 23 роки (при загальноприйнятому середньому терміні експлуатації 20 років).

Склалося так, що в світовій металургії першочергову увагу, як правило, приділялося виробництву готової продукції. Туди і вкладалися великі кошти. Тому світова коксохімія на протязі останніх десятиліть переживала етап застою, що в значній мірі намітилося як на стані основних агрегатів, так і на введенні принципово нових технологічних процесів.

В даний час лєвова частина металургійного коксу виробляється із застосуванням шарового процесу коксування в горизонтальних печах, скомпонованих в коксові батареї, що вантажаться вугільної шихтою або зверху, гравітаційним способом, або трамбованої шихтою, що завантажується у вигляді вугільного бруса збоку. Одержуваний при цьому коксовий газ вловлюється і перероблюється в відповідних хімічних цехах.

Ця технологія продовжує лишатися основою виробництва коксу [3].

Сьогодні світова практика не має освоєних нових технологій, які принципово перевернули б існуючий процес коксування в горизонтальних печах. Та й поміняти чинні агрегати коксування будь-якими новими процесами в ближні терміни неможливо, бо для цього потрібні значні капітальні кошти і час.

В останні роки будова нових коксових заводів - подія нечаста, центр ваги з оновлення та модернізації потужностей припадає на чинні заводські площадки. Головний упор при цьому стає на будівництво нових коксових батарей (там, де допускають територіальні умови) або на перебудову і технічне переозброєння існуючих батарей на сучасному технічному рівні.

У Німеччині, наприклад, набуло розповсюдження будівництво коксових батарей з печами великого об'єму і шириною камери коксування до 600 мм. У

2003р. на коксохімічному заводі Швельгерн в Дуйсбурзі побудовані дві коксові батареї загальною потужністю по коксу 2,64 млн.т/рік з печами висотою 8,43 м, шириною 590 мм, об'ємом 93 м³.

Декілька років тому світовою спільнотою активно обговорювалася розроблена і апробована німецькими спеціалістами в рамках ЄС сучасна система коксування (проект Eureka) в однокамерному реакторі великої місткості (до 150 м³), доки що не дістала промислового впровадження.

Японські коксохіміки намір про реконструкції або заміні старих коксових батарей реалізували розроблений проект SCOPE-21 - ефективна екологічно чиста "суперпіч" XXI століття. У проекті поєднуються поділ вугільної шихти на класи в киплячому шарі, високошвидкісний нагрів до предпластичного стану, часткове брикетування, напівкоксування в горизонтальній печі, завершення процесу коксування в форкамері пристрої сухого гасіння коксу.

У США розповсюдження набула технологія виготовлення коксу в горизонтальних печах без уловлювання хімічних продуктів коксування (з виробленням пара / електроенергії). Впровадженням цієї технології займаються також в Німеччині, Індії, Китаї, Австралії, Бразилії.

У Китаї ключовими технологіями, прийнятими для підвищення технічного рівня коксохімічного виробництва, є трамбування вугільної шихти, сухе гасіння коксу, будівництво печей великого об'єму і ін.

Перебудовою і модернізацією коксових батарей завзято займаються виробники коксу в Італії, Індії, Туреччини, Росії, Японії, Бразилії, Польщі та інших країнах.

Коксохімічне виробництво України

У 1980-і рр. Україна виробляла понад 40 млн.т коксу на рік. У 1990-1995гг. відбулося вагоме скорочення виробництва коксу, що було спричинено зменшенням потреби в ньому металургійних та інших підприємств, а також нестачею коксівного вугілля. Але з 1995 р. здійснюється стійке зростання обсягів вироблення в Україні чавуну і коксу.

Обсяги виробництва коксу і його якість покривали в останні роки не тільки стійку діяльність доменних печей України, а й - на певних підприємствах - експортні поставки.

Коксохімічні підприємства України мають 56 діючих коксових батарей із загальною проектною потужністю 28,64 млн.т на рік валового коксу 6%-ї вологості.

Всі заводи були побудовані за технічною документацією Гіпрококсу і мають в своєму складі коксові печі з горизонтальними камерами коксування з об'ємом від 21,6 до 41,6 м³ висотою від 4300 до 7000 мм.

Раніше Україна постійно забезпечувала свою металургію своїм коксом, не покладаючись на світовий ринок. З цією метою постійно проводилися модернізація і реконструкція наявних потужностей з відновленням всіх основних фондів і побудову нових батарей, що покривало підприємства достатній резерв потужностей.

Надлишок потужностей і відсутність достатніх інвестицій в капітальне будівництво спричинили до скорочення обсягу робіт по оновленню основних виробничих фондів. Зусилля власників були спрямовані на продовження строків служби батарей за допомогою ремонтів і експлуатаційних прийомів [4].

Незважаючи на виведення з експлуатації за останні роки більше 20 старих зношених коксових батарей і впровадження нових, середній строк служби 57 діючих батарей на січень 2017р. склав 34,19 року, 36 батарей, проектна потужність яких становить 62,55% від загальної, мали вік більше 20 років.

Знос основних виробничих фондів коксохімічних підприємств України складає більше 60%, знос машин і устаткування досяг 75-80%.

Експлуатація старих коксових батарей пов'язана з суттєвим зниженням їх виробничої потужності, якість коксу падає, умови праці знижуються, а шкідливих викидів стає все більше. Питомі експлуатаційні витрати на 1 т коксу підвищуються в 1,5-2 рази, витрата енергоресурсів збільшується в 1,4-1,7 рази, продуктивність праці падає в 1,8-2 рази.

Орієнтація на гранично можливе продовження строків служби коксових батарей не вирішує проблему відтворення основних фондів на сучасному технічному рівні.

За економії коксохімічних підприємств і всього гірничо-металургійного комплексу України сильно вдарило масове закриття вугільних шахт в Донбасі і суттєве скорочення інвестицій у вугільну промисловість.

Реконструкція пічного фонду, де це дозволяє територія, шляхом переобладнання старих батарей або будівництва нових батарей на існуючих ділянках. За останні роки позитивні економічні показники українських коксохімічних підприємств дозволили їм виділити необхідні кошти [5].

На даний момент введено у виробництво чотири нових та перебудованих коксових акумуляторних батареї загальною ємністю 2,069 млн тонн з вологістю 6%:

- ПАТ "МК" Азовсталь "- коксову батарею №4, проектна потужність 455 тис.т на рік;
- ПАТ "Ясинівський КХЗ" - коксову батарею №1, проектна потужність 454 тис.т на рік;
- ПАТ "Алчевськкокс" - коксову батарею №10-біс, проектна потужність 1 млн.т в рік;
- АТЗТ "Харківський КЗ" - коксову батарею №4-біс, проектна потужність 160 тис.т в рік.

Технічну документацію на ці батареї виробляє компанія Gircosox. Роботи з технологічної трансформації тривають. На даний момент переробляються також 8 коксових батарей загальною потужністю 3,96 млн тонн.

За основу модернізації коксохімічних осередків було прийнято наступні напрями:

- Збільшити ємність коксових батарей;
- покращити технічні показники ефективності;
- Зменшити певні капітальні та операційні витрати;
- Значне скорочення промислових викидів у навколишнє середовище;
- Автоматичне керування технологічними процесами та виробничими групами;
- Використовувати технологічне обладнання, коксові та вогнетривкі вироби, що відповідають вимогам технічного прогресу;
- Теплова утилізація продуктів згоряння та гарячого коксу;
- покращити показники якості коксу;
- Розширити сировинну базу коксування.

За останні роки Гіросоx розробила два оптимальних технічних рішення для модернізації коксових камер:

I - Перебудувати зі збереженням ємності акумулятора та збільшити її на 15-20% при максимальному використанні існуючих будівель і споруд;

II - Заздалегідь на місці вільної території або існуючих батарей передбачено будівництво нового високопродуктивного коксохімічного заводу потужністю 9-1,25 млн т/рік, коксу вологістю 6%.

Існуючі батареї відповідної ємності будуть виведені з експлуатації після введення в експлуатацію нових батарей [6].

Останніми роками Гіпрококс та коксохімічні заводи в Україні надають великого значення трьом основним напрямам, які визначають безпеку виробничого середовища:

- Зменшити викиди небезпечних речовин в атмосферу до рівнів, дозволених нормативно-правовими актами;
- скидання забруднених стічних вод;
- Усуньте або повністю утилізуйте небезпечні промислові відходи.

На коксових батареях, хімічних цехах та інших об'єктах впроваджується повний комплекс природоохоронних заходів, розроблених компанією «Гіпрококс» (завантаження бездимних печей, безпилова подача коксу, система збору викидів хімічних підприємств тощо).

Технологія сухого гасіння відіграє важливу роль у зменшенні шкідливих викидів у навколишнє середовище. Завод «Гіпрококс CDQ» (УСГК) десятиліттями успішно працює на Авдіївському вугільному комбінаті та Криворізькому металургійному комбінаті в Україні, а також у Росії, Японії, Польщі, Румунії, Бразилії, Індії, Пакистані, Туреччині та Угорщині, Фінляндії. і Китай.

В останні роки Алчевський коксохімічний завод коксохімічного заводу №10-біс, який складається з 3 камер продуктивністю 70 т/год і 3 котлів-утилізаторів, будує УСГК. У світовій практиці коксомір вперше запрацює з використанням компактної шихти в поєднанні з технологією CDQ [7].

Кокс батареї, що реконструюється, №1-біс "Запоріжжкокс" заплановано також гасити сухим способом.

Особливості сировинної бази

В даний час коксохімічні заводи України зазнають важкого становища із забезпеченням їх достатніми ресурсами вугілля для коксування. Пояснюється це наступними факторами:

- дефіцит коксівного вугілля і, перш за все, передусім цінних марок середніх (Ж і К) і високих (ОС) стадій метаморфізму, викликаний великим зниженням їх видобутку в Донецькому басейні через ускладнення гірничо-геологічних умов;
- збільшення в шихті для коксування частини мало-метаморфизованого вугілля Донецького басейну (ДГ і Г) у зв'язку зі великими їх ресурсами і більш сприятливими умовами видобутку;
- підвищений вміст сірки в донецьких вугіллі (1-2,5%) і закономірність добавки в шихту малосірчистого вугілля ззовні.

Брак донецького коксівного вугілля середніх і високих стадій метаморфізму і присутність значних запасів малометаморфизованого вугілля зумовлюють необхідність споживання в Україні технологій підготовки шихти і її коксування, що дають право виробляти кокс з шихт з пайовою участю 50% і більше малометаморфизованого вугілля. З огляду на це, було виконано комплекс пошукових робіт з розробки і запровадженню в промислове виробництво технологій, що допускають розширити сировинну базу в напрямку більш всебічного вживання слабо-спікливого вугілля [8].

Роботи велися за напрямами:

- виготовлення формованого металургійного коксу;
- виборче подрібнення шихти з пневматичною сепарацією в відділювачах з киплячим шаром;
- термічна підготовка вугільної шихти перед коксуванням;
- часткове брикетування вугільної шихти перед коксуванням;
- трамбування вугільної шихти;
- безперервне коксування в вертикальних печах.

Таблиця 1.2 - Сировинна база коксування і механічна міцність коксу при використанні різних технологій підготовки шихти

	звична технологія	термопідготовка	часткове брикетування	трамбування
Марочний склад шихти				
Г	30	70	50	60
Ж	40	20	25	20
К	20	10	10	-
ОС	10	-	8	10
т	-	-	7	10
Механічна міцність коксу				
M25	87,0	88,0	88,2	89,3
M10	7,3	6,8	6,9	6,0

В результаті низка технологій була впроваджена на заводах України в промислових масштабах. Так, часткове брикетування шихти реалізувалося на меткомбінаті "ArcelorMittal Кривий Ріг" (побудована в комплексі батарей №5-6 установка пропрацювала з 1987 р. по 2000 р.). Трамбування вугільної шихти впроваджено з 1993 р. на коксових батареях №9-біс і 10-біс заводу "Алчевськкокс", які виробляють близько 2 млн.т коксу на рік. Термічна підготовка вугільної шихти впроваджена в 2004р. на Ясинівському КХЗ.

Перераховані прогресивні технології підготовки шихти дають право досягти позитивних результатів щодо розширення сировинної бази коксування і удосконалення якості коксу [9].

Про перспективи

У найближчі роки темпи розвитку коксохімічного виробництва України і об'єми продукції будуть визначатися вимогами власної металургії і світового ринку.

Коксохімічні заводи України здатні покрити ці показники. Для цього потрібно збереження та ефективного вживання вже створеного виробничого і експортного потенціалу, комплексний підхід у вирішенні проблем виробничого циклу "вугілля-кокс-метал" в частині залучення інвестицій. Для створення нових потужностей і технічного переоснащення існуючих необхідне посилення вертикальної інтеграції, тобто збільшення інвестицій з боку металургів в коксохімію і вугледобувну промисловість.

Встановлено такі основні пріоритети науково-технічного розвитку коксохімічного виробництва України:

- реконструкція і технічне переозброєння коксових батарей, оновлення пічного фонду та одночасно впровадження ресурсо- і енергозберігаючих технологій підготовки та спікання вугілля;
- будівництво установок сухого гасіння коксу;
- скорочення витрат спікливих вугілля за рахунок трамбування, підгріву шихти та ін.;
- заміна фізично зношеного та морально застарілого обладнання в цехах уловлювання та переробки хімічних продуктів коксування з впровадженням нових технологій та ін. Програмою також визначено пріоритети наукових досліджень. Серед них створення нових технологічних процесів отримання металургійного палива з метою ефективного використання вугілля, що коксується; розробка технологій вдування продуктів газифікації вугілля і гарячих відновлювальних газів в доменну піч і ін.

У зв'язку з дефіцитом власного природного газу і необхідністю скорочення використання його в доменному процесі перед українськими металургами і коксохіміками сьогодні стоять такі завдання [10]:

- раціональне використання коксового і доменного газу при виробництві чавуну і коксу;
- скорочення витрат газоподібних відновлювачів в доменній плавці за рахунок збільшення частки та підвищення якості коксу шляхом оптимізації складу вугільної шихти, вдосконалення технології її підготовки та коксування;
- забезпечення виробництва коксу коксівним вугіллям;
- подальше поширення технології сухого гасіння коксу.

2. СТРУКТУРА І ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

По організаційній структурі коксохімічні підприємства існують як окремі коксохімічні і коксогазові заводи або коксохімічне виробництво у складі металургійних комбінатів. Існує також ряд заводів, які розташовані поряд з хімічними комбінатами.

На Україні переважне значення мають коксохімічні підприємства, пов'язані з металургійними заводами і комбінатами.

Іншими словами, всі існуючі заводи можуть бути розділені на наступні категорії:

- самостійні коксохімічні заводи, що розташовані в районі або безпосередньо примикають до металургійних заводів;
- коксохімічні заводи, що входять до складу комбінатів або заводів і отримали в цьому випадку назву коксохімічних виробництв;
- коксохімічні заводи, пов'язані з хімічними підприємствами, що використовують коксовий газ для виробництва;
- коксові заводи, що віддають газ в міській мережі промислового газу.

У складі коксохімічних підприємств є основні (технологічні), допоміжні цехи (підрозділи) і заводоуправління. Цех є основним виробничим підрозділом підприємства. Ділянки і відділення можуть існувати як самостійні підрозділи, і можуть бути у складі цехів.

Організаційне оформлення процесів і устаткування (у цехах, ділянках і відділеннях) залежить від сировини, технологічної схеми і об'ємів виробництва, і може мінятися, як по об'єднанню технологічних і допоміжних підрозділів, так і по розділенню однотипних цехів.

2.1 Основні цехи коксохімічного виробництва

До основних цехів відносяться вуглепідготовчий, вуглезабагачувальна фабрика, коксівний, уловлювання хімічних продуктів коксування, очищення

коксового газу від сірководню, смолоперегінний, ректифікації сирого бензолу, пекококсовий, фталевого ангідриду, цехи тонкої хімії.

2.1.1 Вуглепідготовчий цех

Призначенням вуглепідготовчого цеху - забезпечити прийом, зберігання і підготовку вугільних концентратів для коксування, а також подачу вугільної шихти в коксові печі.

Вуглепідготовчий цех здійснює:

- прийом і зберігання вугільних концентратів, що поступають на коксування, і усереднення їх по марках або технологічних групам;
- дозування вугільних концентратів для отримання шихти заданого марочного складу;
- дроблення вугільних концентратів і готової шихти;
- подачу шихти у вугільні башти.

Розвантаження вугільних концентратів, що поступають на коксохімічне виробництво, здійснюється вагоноопрокидувачами. Розвантажений вугільний концентрат поступає в бункери. З бункерів за допомогою стрічкових живильників вугілля подається на конвеєрні тракти вуглеподачі і транспортується на закритий вугільний склад.

Для визначення фактичної кількості вугільного концентрату, що поступив, після вагоноопрокидувача на конвеєрах встановлені електронно-конвеєрні ваги.

Силоса закритого вугільного складу обладнані сталеву воронкою - вихідним отвором. Видача і дозування вугільного концентрату здійснюється автодозатором.

З відділення дозування вугільна шихта транспортується в дробарне відділення.

На коксохімічних заводах розташованих на території України, в вуглепідготовчому цеху в основному застосовуються дві схеми дроблення: дроблення шихти (ДШ) і групове дроблення компонентів (ГДК).

Готова шихта транспортерами шихтоподачі подається у вугільні башти.

2.1.2 Коксовий цех

Коксовий цех коксохімічного виробництва призначений для отримання з вугільної шихти, без доступу повітря, коксу встановленої якості і хімічних продуктів коксування.

Технологія виробництва коксу з вугільної шихти включає завантаження камер коксування, безпосередньо процес коксування, видачу коксу, його гасіння і сортування.

До складу коксового цеху входять батареї коксових печей з допоміжними і обслуговуючими пристроями та спорудами; коксові машини (коксвиштовхувачі, вуглезавантажувальні вагони, дверіз'ємні машини, гасильні або коксовозні вагони з електровозами), вугільні башти для накопичення оперативного запасу вугільної шихт. Газове господарство коксових батарей складається з газопідводної та газовідводної арматури, пристрою для перемикання і регулювання газових, повітряних і димових потоків, регулювання гідравлічного режиму. Комплекс агрегатів для охолодження (гасіння) коксу включає гасильні башти з насосними і відстійниками води, коксові рампи (при мокрому гасінні водою). Для безводного (сухого) охолодження коксу - установки сухого гасіння коксу (УСГК).

При компоновці коксового цеху прагнуть до того, щоб всі машини і агрегати працювали з максимальним коефіцієнтом корисної дії і з мінімальним холостим ходом.

Охолоджений кокс поступає на коксортування, що обладнані комплексом агрегатів для класифікації коксу за крупністю, відбору проб для аналізів, вантаження в залізничні вагони або транспортування в доменні цехи.

2.1.3 Цех уловлювання хімічних продуктів коксування

Цех уловлювання хімічних продуктів коксування призначений для охолодження коксового газу і виділення з нього каменновугільної смоли, водяної пари, витягання аміаку з отриманням сульфату амонію, який є побічним продуктом коксохімічного виробництва заводів України, уловлювання бензолових вуглеводнів з отриманням сирого бензолу, а також для подачі коксового газу споживачам.

Цех уловлювання хімічних продуктів коксування складається з відділень:

- відділення конденсації призначене для відстою надсмольної води від смоли і смоли від фусов і подачі надсмольної води на газозбірники батарей.

У насосній відділення конденсації встановлені насоси для подачі надсмольної води в газозбірники для охолодження коксового газу в газозбірниках коксових батарей, а також змонтовані механізовані освітлювачі для відстою надсмольної води від смоли і смоли від фусов, електрофільтри для тонкого очищення газу від смоляного туману.

- первинне охолодження коксового газу і машинний зал призначені для охолодження коксового газу, подачі його на очищення і споживачам. Для первинного охолодження коксового газу в цеху уловлювання встановлені трубчасті газові холодильники, на які подається технічна вода зворотного циклу водопостачання. У машинному залі встановлені нагнітачі для відсмоктування коксового газу з газозбірників коксових батарей і передачі його через газову апаратуру цеху уловлювання споживачам;

- сульфатне відділення призначено для очищення коксового газу від аміаку і пірідінових лугів в абсорберах і отримання сульфату амонію у випарниках під вакуумом;

- у аміачному відділенні можна отримувати концентровану аміачну воду, безводний аміак, або витягувати з надсмольної води аміак, що направляється на пірідінову установку або в газопровід перед установкою, що виробляє сульфат амонію. На деяких заводах є устаткування по уловлюванню і спалюванню аміаку.

- у бензолівому відділенні з прямого коксового газу поглинаючим маслом уловлюються бензоліві вуглеводні (сирий бензол), який після виділення з поглинявального масла прямує на подальшу переробку. У цьому відділенні проводиться також регенерація поглинаючого масла. Устаткування утилізації служить для переробки смолянистих речовин (відходів), що утворюються в різних цехах (кислї смолки сульфатного відділення і ректифікації, фусов і ін.).

З них на устаткуванні виходить водяна емульсія, яка повинна рівномірно подаватися на вугільну шихту.

- склад смоли, склад масел і сирого бензолу призначені для обезводнення і підготовки каменновугільної смоли до відправки, а також зберігання смоли, масел і сирого бензолу.

У складі деяких коксохімічних заводів, що переробляють донецьке вугілля, є хімічні установки по уловлюванню рідкоземельних елементів з продуктів коксування.

Сировиною цеху уловлювання хімічних продуктів є: прямий (неочищений) коксовий газ, сірчана кислота, поглинаюче каменновугільне масло.

Готовою продукцією цеху уловлювання є:

- каменновугільна смола;
- сульфат амонію;
- сирий бензол;
- зворотний (очищений) коксовий газ.

2.1.4 Цех сіркоочистки

Цеха по очищенню газу від сірчистих з'єднань є на заводах, що переробляють вугілля з високим вмістом сірки.

Цех очищення коксового газу від сірчистих з'єднань (цех сіркоочистки) призначений для очищення коксового газу від сірководню за вакуум-карбонатним методом з подальшим отриманням з сірководню сірчаної кислоти методом мокрого каталізу.

Цех сіркоочистки складається з відділень:

- очищення коксового газу від сірководню і регенерації поглинаючого розчину;
- вакуум-компресорної установки;
- відділення переробки газу в сірчану кислоту методом мокрого каталізу.

Сировиною цеху сіркоочистки служить очищений від аміаку, нафталіну і бензолу коксовий газ.

Основним устаткуванням відділення уловлювання сірководню з коксового газу є скруббер з дерев'яною хордовою насадкою; регенератор, який є

теплоізолюваною цільнозвареною колоною, яка обладнана тарілками (не менше 22 штук). Кожен регенератор має по два циркуляційних парових

підігрівачів для нагрівання поглинювального розчину. Для підсосу сірководню з регенераторів і подачі його у відділення мокрого каталізу використовують поршневі, горизонтальні, одноциліндрові вакуум-насоси подвійної дії.

Сірководень подається вакуум-насосом у відділення мокрого каталізу поступає в холодильник і потім в печі з насадкою спалювання. Повітря для спалювання подається вентилятором. З печі газова суміш поступає в казан-утилізатор, де охолоджується до температури 450-4700С і поступає в контактний апарат, в якому відбувається окислення сірчистого ангідриду в сірчаний ангідрид на трьох шарах ванадієвої контактної маси, після контактних апаратів газу поступають в башту абсорбції, де охолоджуються сірчаною кислотою і відбувається конденсація пару сірчаного ангідриду і пару води у вигляді кислотного туману. 30% цього туману повністю уловлюються в електрофільтрах, з утворенням готового продукту - сірчаної кислоти. 70% туману унесеться зворотною кислотою.

Сірчана кислота використовується в цеху уловлювання для очищення коксового газу від аміаку з отриманням сульфату амонію.

Продукцією відділення очищення коксового газу, що випускається, від сірководню є очищений коксовий газ, який застосовується як енергетичне паливо для обігріву коксових печей, трубчастих печей бензолowego відділення цеху уловлювання хімічних продуктів.

2.1.5 Цехи переробки хімічних продуктів коксування

На крупних коксохімічних заводах є цехи переробки хімічних продуктів.

Цех ректифікації сирого бензолу служить для переробки того що уловлюється, або привезеного з інших коксохімічних виробництв сирого бензолу.

Основними товарними продуктами є чистий бензол і його гомологи: толуол, ксилоли. На деяких коксохімічних виробництвах і заводах виробляються інденкумаронові смоли, чистий пірідін, лутодін, коллідін і інші продукти.

У цеху є відділення: дистиляції сирого бензолу, у складі деяких цехів відділення ректифікації легенів піридінових лугів, сірководородного миття або гідроочищення, регенерації сірчаної кислоти, склад готової продукції, вантаження.

До складу смолопереробного цеху входять:

- відділення дистиляції, де смолу зневоднюють і отримують окремі фракції смоли і каменновугільний пек;
- відділення кристалізації, де отримують каменновугільні масла і кристалічні продукти (сирий антрацен, нафталін);
- установки для гранулювання пека і отримання електродного пека;
- склади і вантажні пристрої для зберігання і вантаження кристалічних продуктів і різних видів пека, а також масел, фенолів.

Зазвичай до складу смолопереробного цеху входить відділення біохімічного очищення січних вод. Таке відділення є в даний час на кожному коксохімічному виробництві.

У пекококсовому, цеху здійснюються коксування каменновугільного пеку з метою отримання пекового коксу. У цеху є наступні відділення:

- пекопідготовки, де пек, що поступає із смолопереробного цеху, окислюється повітрям для отримання високотемпературного пека (температурою розм'якшення 140 - 150°С), при цьому виходить ще і товарний продукт - пекові дистілланти, що використовуються у виробництві сажі;

- пічне відділення для коксування пеку з пристроями для завантаження пека в печі, комплектом коксових машин (коксовиштовхувачі, вуглезавантажувальні вагони, дверіз'ємні машини, гасильні або коксовозні вагони з електровозами). Газове господарство коксових батарей складається з газопідводної та газовідводної арматури, пристрою для перемикання і регулювання газових потоків, регулювання гідравлічного режиму. Комплекс агрегатів для охолодження (гасіння) коксу включає гасильні башти з насосними і відстійниками води, коксові рампи (при мокрому гасінні водою). Для безводного (сухого) охолодження коксу - установки сухого гасіння коксу (УСГК).

- відділення охолодження, конденсації і очищення пекококсового газу з холодильником, масляним скруббером, газодувками для відсмоктування газу з печей і передачі його по тракту, відстійниками і збірками смоли і пекових дістіллатов.

2.2 Допоміжні цех коксохімічного виробництва

До допоміжних цехів відносяться: ремонтно-механічний цех (ділянка), спеціалізований цех по ремонту коксохімічного устаткування і інші відділення та ділянки, зайняті ремонтом устаткування і виготовленням запасних частин; підлеглі головному енергетику цехи - паросиловий і ТЕЦ, електроремонтний, водопостачання і каналізації, КВП і автоматики, ділянки зв'язку ін., залізничний цех, що здійснює внутрізаводські перевезення матеріалів, устаткування, сировини і готової продукції, а також перевезення на ділянці від заводу до станції примикання. Цей же цех може виконувати і завантажувально-розвантажувальні роботи. Автотранспортний цех, або цех безрейкового транспорту. може бути об'єднаний з залізнодорожним в єдиний транспортний цех.

Центральна заводська лабораторія (ЦЗЛ) (замість якої можуть бути окремі контрольно-аналітична, дослідницька і лабораторія охорони навколишнього середовища) виконує аналітичний контроль сировини, що прибуває, і матеріалів, реактивів, продукції, що відправляється, контролює якість напівфабрикатів і продуктів по технологічних потоках в цехах і між цехами, перебування водно-повітряного середовища на заводі (на робочих місцях, в цехах, відділеннях, на ділянках). До складу ЦЗЛ можуть входити наступні окремі групи (лабораторії): вуглекоксова, що виконує аналізи вугілля і коксу, хімічна, така, що виконує аналізи хімічної продукції цехів і газові аналізи, контрольні групи по технологічних процесах в цехах (зазвичай поміщаються безпосередньо в цехах); дослідницька група (лабораторія), яка виконує науково-дослідні дослідження, що проводяться самостійно, або спільно з інститутами, іншими організаціями. Роботи проводяться по заявках цехів або вказівках керівництва заводу і зв'язані, в основному, з обстеженням сировини, агрегатів, апаратів, ділянок цехів з метою

виявлення причин ненормальної роботи, оптимізації технологічного режиму після реконструкції або установки нових апаратів чи іншого устаткування.

Лабораторії охорони навколишнього середовища (санітарно-промислова лабораторія, група) контролює стан стічних вод і викидів в атмосферу, стан повітряного середовища, шуму на робочих місцях і виконує ряд інших аналізів, що забезпечують дотримання санітарних норм на всіх ділянках заводу.

Відділ (ділянка) технологічного контролю (ВТК) здійснює відбір, підготовку проб сировини, що поступає, і реактивів, готовій продукції, перевіряє правильність упаковки, маркіровки і вантаження продукції, оформляє супровідні документи (сертифікати). ВТК складається з ділянок (груп), обслуговуючих окремі цехи або групи цехів.

До допоміжних служб відносяться: господарський цех (ділянка) з санаторно-побутовими корпусами і службою впорядкування; газорятівна станція; пожежна команда; охорона заводу.

Керівництво всією виробничою і господарською діяльністю заводу (коксохімічного виробництва комбінату) здійснює заводоуправління.

3 РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА КОКСУ

3.1 Призначення та характеристика коксової батареї

Характеристику коксової батареї наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристика коксової батареї

Найменування показників	Одиниці виміру	Величина
Об'єм камери коксування	м ³	32,1
Розміри камери коксування:		
довжина загальна	мм	15900/16120
корисна	мм	15060
висота загальна	мм	5500/5580
корисна	мм	5200
ширина камери середня	мм	410/398
Ширина простінка середня	мм	850
Конусність	мм	60
Товщина стіни, що гріє.	мм	105
Висота перекриття печей	мм	1164 (шов ковзання)
Відстань між осями печей	мм	1260
Кількість вертикалів у простінку	шт.	32
Відстань між осями вертикалів	мм	480
Рівень обігріву	мм	1000
Підведення опалювального газу	нижній	
Система обігріву	коксівий газ	
Обіг печей	годину	15
Кількість печей у батареї	шт.	65
Кількість печевидач (з урахуванням циклічної зупинки – 2 години)	печей/година	5
Серійність видачі печей		5-2
Кількість газозбірників	шт.	1 м.с.
Кількість стояків на 1 піч	шт.	1 м.с.+1 міні к.с.
Вихід сухого валового коксу із сухої шихти	%	75,56
Потужність коксової батареї за валовим коксом 6% вологості	тис.т/рік	700

3.2 Опис системи опалення коксової батареї

У конструкції коксової батареї № 7 (з нижнім підведенням газу та нижнім регулюванням повітря) повітря підводиться з газоповітряних клапанів, розташованих по сторонах батареї, в подовий канал.

Розподіл повітря регулюється знизу через отвір у верхній залізобетонній плиті та підставі подового каналу. Для цього встановлюють знімну цеглу в колосникових отворах, що з'єднують подовий канал із секціями регенераторів.

Продукти горіння відводять на обидві сторони батареї через газоповітряні клапани. У широкому косому ході, що з'єднує регенератор з вертикалом, встановлений розсікач, що розділяє повітряний струмінь на два потоки. Частина повітряного сопла, розташована ближче до стінки вертикалу, спеціальним шибером відокремлена від решти вертикалу.

У печах системи ПВР основою опалювальної системи є попарно пов'язані обігрівальні канали з рециркуляцією продуктів горіння. У цих печах простінок розбитий на пари обігрівальних каналів, з'єднаних вгорі перевальними вікнами. Горіння відбувається в одному з обігрівальних каналів пари, по другому сполученому каналу в цей час відводяться продукти горіння.

У нижній частині обігрівальні канали, що працюють на висхідному та низхідному потоках, з'єднані вікнами для рециркуляції. Через ці вікна частина продуктів горіння з обігрівального каналу, що працює на низхідному потоці, засмоктується в канал, що працює на висхідному потоці, тобто. відбувається рециркуляція продуктів горіння, що становить 40-60%. Ця конструкція печей опалюється лише коксовим газом, який подається через дюзові канали.

Під кожною камерою знаходиться один регенератор. Всі регенератори широкі та повітряні. Кожен регенератор з'єднаний з двома простінками: з половиною вертикалів першого простінка (з парними вертикалами) і з іншою половиною другого простінка (з непарними вертикалами). Кожен вертикал з'єднаний із одним регенератором широким косим ходом. У печах ПВР передбачено дюзові канали, т.к. газ у кожному кантівку потрібно подавати лише у половину вертикалів. Печі ПВР характеризуються витягнутим факелом горіння та високою рівномірністю прогріву завантаження.

На даний момент повна реконструкція коксової батареї номер 7 дуже актуальна, тому що ця батарея застаріла та зносилася. Зараз є велика потреба в коксі, тому що збудовано п'яту доменну піч і для неї потрібно багато коксу. Сьома коксова батарея з кожним роком стає менш вигідною, оскільки обладнання та кладка зазнають постійних ремонтів, через це виникають великі матеріальні витрати. І пекти вже не може видавати повний обсяг продукції. З цього випливає, що її потрібно повністю реконструювати.

3.3 Характеристика газопідвідної арматури для коксової батареї

Газопідвідна арматура служить для підведення та розподілу коксового газу в опалювальні простінки коксових печей. Магістральний газопровід коксового газу підводяться до коксової батареї зазвичай у місці розташування кабіни – пульта управління обігрівом батареї, в якому зосереджені управління всіма засувками, що відсікають, кантувальний механізм, що робить зміну напрямку газових потоків в опалювальній системі коксових печей, що вказує і реєструючі прилади.

Наразі коксова батарея №7 не обігривається доменним газом. Оскільки опалювальний газ у простінки коксової камери подається окремо з машинної та коксової сторін, газопроводи, що підводять, розгалужуються на дві нитки, що проходять по тунелях коксових печей. На ділянці загального газопроводу коксового газу перед роздачею газу по сторонах монтується газопідігрівач, що представляє собою звичайний трубчастий теплообмінник, де газ можна підігрівати пором до 40-60 °С, де запобігає випаданню в газопроводах і опалювальній арматурі простіноків нафталіну і конденсату, а також забезпечується постійним тиском газу.

Газопідвідна арматура коксових печей з нижнім підведенням газу, характеризується загальними для всіх конструкцій рисами. Так при подачі коксового газу з розподільного газопроводу в опалювальне простінок газ спочатку проходить двоходовий стопорний кран, за допомогою якого в разі необхідності може припинятися подача газу в простінок. Потім газ проходить кантувальний – реверсивний чотириходовий кран, який важелем повідомляється з пристроєм, який періодично перекидає ці крани для зміни напрямку газових потоків (кантовка).

Кантувальна лебідка складається з редуктора, на головному валу якого насаджені ексцентрикові шайби з двох боків. Одна з них служить для переміщення важеля газоповітряних клапанів, інша для переміщення важеля кантувальних кранів. На цих важелях закріплені троси, з'єднані через систему блоків з важелями газоповітряних клапанів та кранів. При обертанні

ексцентрикових шайб по їхньому периметру ковзають ролики важелів, які утримуються в положенні притиснутому тягами. На тягах є стяжні гайки для регулювання ступеня прилягання роликів до шайб.

Важелі мають два отвори по висоті для кріплення троса. При повороті ексцентрикової шайби на 180 трос при закріпленні на верхніх отворах робить хід 610 мм, на нижніх 650 мм.

Кантувальний трос в процесі експлуатації розтягується, тому крок штанги механізму кантування може змінюватися, що призводить до порушення повноти закриття і відкриття реверсивних кранів і клапанів. Для контролю за кроком штанг на них укріплюють стрілки, які мають співпадати зі стрілками, укріпленими на контрфорсах тунелі. Для забезпечення паузи під час кантування частина дуги шайби кранів коксового газу виконана у вигляді кола. Важіль лебідки, який переводить реверсивні крани при поворотах ексцентрикової шайби в межах 45-135 °, повинен бути строго вертикальним, щоб уникнути неповного перекриття реверсивних кранів.

Кантувальна лебідка має електропривод, який автоматично (від реле часу) включається кожні 20 (або 30) хв. У разі припинення подачі електроенергії або виходу з ладу пускових пристроїв є ручний привід. Останнім часом як аварійний встановлюється пневматичний привід, який живиться стисненим повітрям від ресивера компресорної станції, розташованої під вугільною вежею. Робочий тиск стисненого повітря 3 атм., Швидкість обертання пневмоприводу 10 об/сек, тривалість кантування 65 сек.

Ручним приводом кантування проводиться за 5 хв зусилля на рукоятці ручного приводу 28 кг. При включенні ручного приводу передбачено автоматичне вимкнення електричного струму, що унеможливує несподіване включення електродвигуна при появі електроенергії.

Газоповітряний клапан для повітряного регенератора (рисунок 2) складається з литого чавунного корпусу 1 коробчатого перерізу і патрубку 2 для відведення димових газів. Корпус газоповітряного клапана має три прямокутних отвори: верхнє отвір 7, прикривається дахом 7 нижнє — тарілчастим клапаном 8. Відведення димових газів з нижнього патрубка регулюється заслінкою-метеликом

9. Для підйому і опускання тарілчастого клапана 5, що відводить димові гази, і кришки 7 служить кулачково-важільний механізм 10, встановлений на корпусі газоповітряного клапана кантувального пристрою.

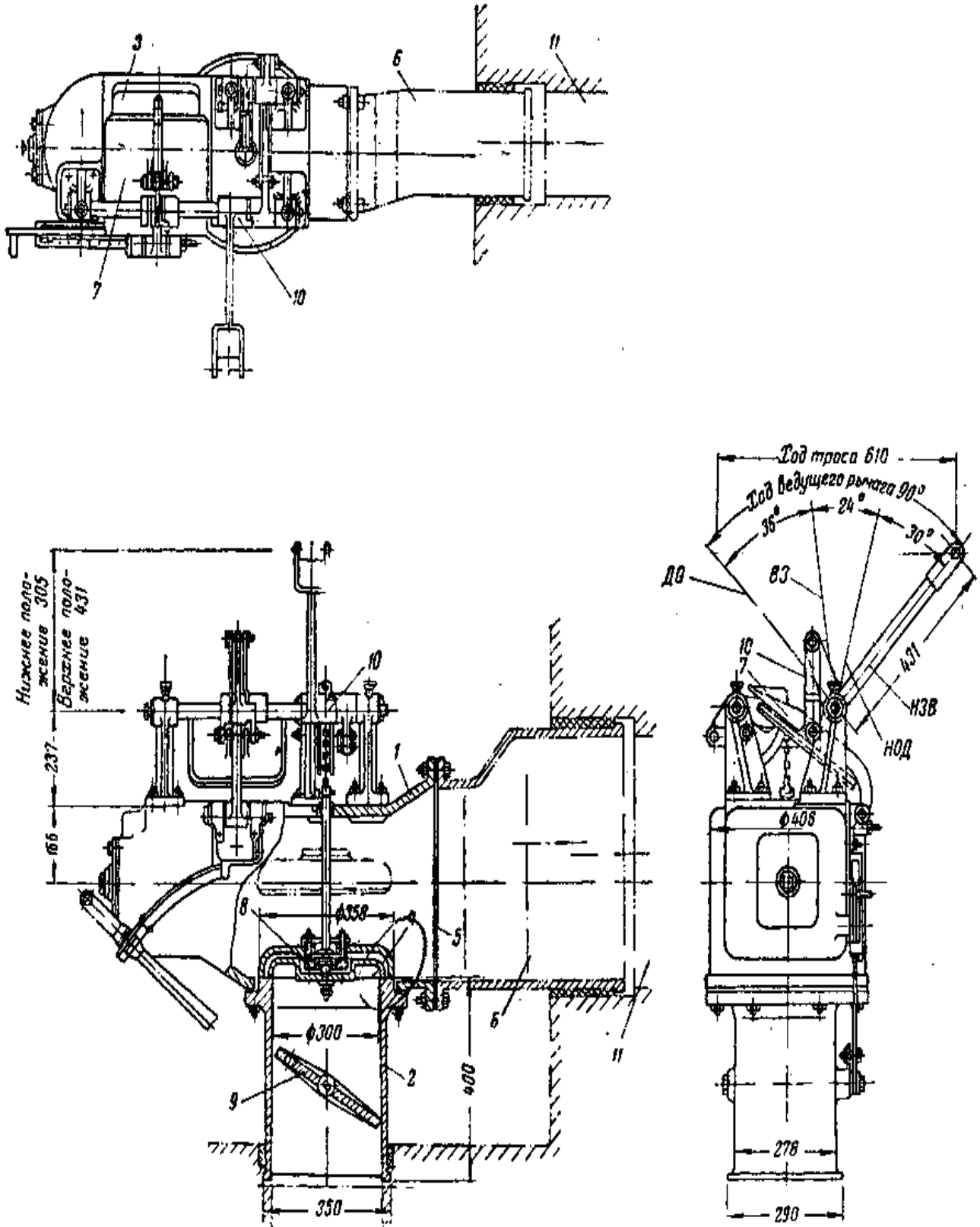


Рисунок 3.1 - Газоповітряний клапан для повітряного регенератора

Для регулювання обігріву печей необхідно через певний проміжок часу змінювати напрямок руху газів в опалювальній системі печей на зворотне (висхідні потоки полум'я у вертикалах змінюються низхідними потоками димових газів). Проміжок часу між змінами напрямку газів - кантування - встановлюється від 15 до 30 хв. (нині прийнято 20 хв.).

Процес кантування проводиться протягом 25-35 с, причому послідовно виконуються наступні операції (в газоповітряних клапанах і кантувальних кранах):

1) Після початку кантування протягом 3-4 сек. закриваються кантувальні крани коксового газу (або клапани бідного газу в газоповітряних клапанах при опаленні доменним або генераторним газом), через які газ подається в простінки, що працюють на висхідному потоці.

2) Після закриття газу через 10-15 сек., протягом яких він догоряє в простінках висхідного потоку, закриваються повітряні кришки на газоповітряних клапанах, що працювали на висхідному потоці.

3) Після паузи 3-4 сек. опускаються тарілчасті клапани димових газів у газоповітряних клапанах, що працювали на низхідному потоці. У цей час повинні бути закриті кантувальні крани коксового газу (або клапани бідного газу при опаленні доменним або генераторним газом), повітря в опалювальні простінки не підводиться і продукти горіння з регенераторів не відводяться.

Після закінчення періоду між кантівками (20 хв) розглянуті вище операції здійснюються у зворотній послідовності.

1) Через 6-7 сек. після початку кантування піднімається тарілчастий клапан димових газів. Затримка підйому цих клапанів необхідна для запобігання попаданню газу в борів.

2) Після паузи 3-4 сек. піднімається повітряна кришка газоповітряного клапана.

3) Після надходження в обігрівальні простінки достатньої кількості повітря в кінці кантування відкриваються крани котуйного газу.

У період між кантування в газові канали після припинення подачі в них

коксового газу надходить повітря через підняті кришки газових гармат. Повітряні кришки на газоповітряних клапанах відключаються від кулачково-важільного механізму і замикаються баранчиками, важелі всіх кантівних кранів коксового газу від'єднуються від кантувальних тяг і стопорні крани перекриваються. Для руху тяг кантувального пристрою встановлюється кантувальна лебідка. Приміщення лебідок, так зване кантувальне відділення, розташовується між вугільною баштою та батареєю або між торцями двох сусідніх батарей (якщо між ними немає вугільної башти). У кантувальному відділенні встановлюють контрольно-вимірювальну апаратуру для регулювання системи опалення печей. На печах з нижнім підведенням коксовий газ подається у вертикальні дюзи через стопорний та реверсивний крани, а потім через розподільні патрубки, колектори та вертикальні патрубки, які вставлені у кладку. Реверсивний кран – чотириходовий, у ньому є діафрагмоване вікно для знегафування дюз і пальників вертикалів низхідного потоку, кількості газу на напівпростінок дозується за допомогою калібрувальних діафрагм, вставлених у фланцеві з'єднання.

3.4 Характеристика газів для обігріву коксової батареї

Склад зворотного коксового газу наведено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Склад зворотного коксового газу

	Елементарний склад							NH ₃	Нафта-лін	б/кут
	H ₂	C _m H _n	CH ₄	O ₂	CO	CO ₂	N ₂			
Зворотний газ	55,6	2,4	24,4	0,6	7,2	2,6	7,2	0,027	0,135	8,4

3.5 Розрахунок шихти для коксування

3.5.1 Розрахунок виходу коксу

$$B_{\text{к}}^{\text{с}} = \frac{100 - v_{\text{ш}}}{100 - v_{\text{к}}} * 100 + a, \quad (1)$$

де $V_{\text{ш}}$ - Вихід летких речовин шихти на суху масу, %

$V_{\text{к}}$ - Вихід летких речовин коксу валового на суху зольну масу, %, $V_{\text{к}} = 1$;

a – поправка (різниця) на вихід коксу, одержуваного у виробничих умовах та при визначенні виходу летких речовин у лабораторних умовах, %.

$$a = K_n * V_{\text{ш}}, \quad (2)$$

де K_n - коефіцієнт піролізу, що залежить при рівному температурному режимі коксування від виходу летких речовин і визначається за допомогою допоміжного графіка

$$K_n = 0,09 \Rightarrow a = 0,09 * 25,84 = 2,3256$$

$$V_{\text{к}}^c = \frac{100 - 25,84}{100 - 1} * 100 + 2,3256 = 77,235\%$$

$$V_{\text{к}}^p = 77,235 * \frac{100 - 8,5}{100} = 70,67\%$$

$$G_{\text{с.ш}} = \frac{100 * 78,33}{77,234} = 101,42 \text{ Т/ГОД}$$

$$G_{\text{р.ш}} = \frac{100 * 78,33}{70,67} = 110,84 \text{ Т/ГОД}$$

1) Волога шихти. Вологу, що завантажується в камеру коксування, разом з шихтою підраховуємо за формулою.

$$W_{\text{ш}} = G_{\text{р.ш}} - G_{\text{с.ш}}, \quad (3)$$

$$W_{\text{ш}} = 110,84 - 101,42 = 9,42 \text{ кг}$$

Витратна частина

1) Вихід летких речовин шихти на робочу масу

$$V_{\text{ш}}^p = V_{\text{ш}}^c * \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}}, \quad (4)$$

де $V_{\text{ш}}^c$ - вихід летких речовин шихти на суху масу, %;

$V_{\text{к}}^c$ - вихід летких речовин коксу валового на суху зольну масу, %;

$W_{\text{ш}}$ – волога шихти, %.

$$V_{\text{ш}}^p = 25,84 * \frac{100}{100 - 8,5} = 28,24$$

2) Коксовий газ зворотний (сухий)

$$G_{\text{г.в}}^p = G_{\text{г.в}}^c * \frac{100 - W_{\text{ш}}^3}{100}, \quad (5)$$

де $G_{г.в.}^c$ - Вихід коксового газу зворотного з сухої шихти

$$G_{г.в.}^c = K * \sqrt{V_{ш}^c}, \quad (6)$$

де K - емпіричний коефіцієнт (2,71);

$V_{ш}^c$ - вихід летких речовин шихти на суху масу, %;

$$G_{г.в.}^c = 2,71 * \sqrt{25,84} = 13,78$$

$$G_{г.в.}^c = 13,78 * \frac{100-8,5}{100} = 12,6\%$$

3) Смола безводна. Вихід смоли безводної із сухої шихти підраховуємо за емпіричною формулою

$$G_{см}^c = (-18,36 + 1,53 * V_{ш} - 0,026 * V_{ш}^2) * K_{см}, \quad (7)$$

де $G_{г.в.}^c$ – вихід смоли безводної із сухої шихти, %;

$K_{см}$ - емпіричний коефіцієнт (0,82).

$$G_{см}^p = G_{см}^c * \frac{100-W_{ш}^3}{100}, \quad (8)$$

$$G_{см}^c = (-18,36 + 1,53 * 28,24 - 0,026 * 28,24^2) * 0,82 = 3,372\%$$

$$G_{см}^p = 3,372 * \frac{100-8,5}{100} = 3,0854\%$$

4) Сирий бензол. Вихід сирого бензолу із сухої шихти підраховуємо за емпіричною формулою

$$G_{б}^c = (-1,61 + 0,144 * V_{ш} - 0,0016 * V_{ш}^2) * K_{б}, \quad (9)$$

де $G_{б}^c$ – вихід сирого бензолу із сухої шихти, %;

$K_{б}$ - емпіричний коефіцієнт (0,94).

$$G_{см}^c = (-1,61 + 0,144 * 28,24 - 0,0016 * 28,24^2) * 0,94 = 1,109\%$$

$$G_{б}^p = G_{б}^c * \frac{100-W_{ш}^3}{100} \quad (10)$$

$$G_{см}^p = 1,109 * \frac{100-8,5}{100} = 1,015\%$$

5) Аміак. Вихід аміаку 100%-ого з робочої шихти підраховуємо за формулою

$$G_{ам}^p = b * N^{пш} * \frac{17}{14}, \quad (11)$$

де b - Коефіцієнт переходу азоту шихти в аміак (0,14);

17 – молекулярна вага аміаку;

14 – атомна вага азоту;

$N^{пш}$ – вміст азоту в робочій шихті, %.

$$G_{ам}^p = 0,14 * 1,65 * \frac{17}{14} = 0,28\%$$

б) Сірка у перерахунку на сірководень. Вихід сірки у перерахунку на сірководень із робочої шихти підраховуємо за формулою

$$G_s^p = K_s * S_{ш}^p * \frac{34}{32}, \quad (12)$$

де K_s - коефіцієнт переходу сірки шихти в сірководень (0,24);

34 – молекулярна вага сірководню;

32 – атомна вага сірки;

$S_{ш}^p$ – вміст сірки у робочій шихті, %.

$$G_s^p = 0,24 * 0,63 * \frac{34}{32} = 0,16\%$$

7) Пірогенетична вода. Вихід пірогенетичної води з робочої шихти підраховуємо за формулою

$$G_{\text{пв}}^p = K_o * O_{ш}^p * \frac{18}{16}, \quad (13)$$

де K_o - коефіцієнт переходу кисню шихти в пірогенетичну воду (0,43);

18 - молекулярна вага води;

16 - атомна вага кисню;

$O_{ш}^p$ - вміст кисню у робочій шихті, %.

$$G_{\text{пв}}^p = 0,43 * 4,96 * \frac{18}{16} = 2,40\%$$

8) Нев'язка балансу. Знаходимо по різниці між прибутковою та видатковою частинами:

$$110,84 - (70,67 + 12,44 + 3,085 + 1,015 + 0,28 + 0,16 + 2,40 + 9,42) = 0,39\text{кг}$$

Таблиця 3.3 - Матеріальний баланс

Прибуткова частина		Витратна частина			
Назва статті	т/год	Назва статті	т/год	% роб. мас	% сухий. мас
1. Суха шихта	101,42	1.Кокс валовий	78,33	70,67	77,26
2. Волога шихти	9,42	2.Коксовий газ	13,78	12,6	13,78
		3. Смола безводна	3,41	3,0854	3,372
		4. сирий бензол	1,12	1,015	1,109
		5. Аміак 100%	0,31	0,28	0,35
		6. Сірка у перерахунку на H ₂ S	0,17	0,16	0,19
		7. Волога шихти	10,59	8,62	-
		8. Пірогенетична вода	2,66	2,40	2,67
		9. Нев'язка	0,43	0,40	0,44
Разом	110,84	Разом	110,84	100	100

3.5.2 Розрахунок теплового балансу коксування

Прибуткові статті балансу

1) Тепло горіння опалювального газу кДж/1000 кг шихти визначається за такою формулою:

$$q_1 = Q_n V_x, \quad (14)$$

де Q_n - нижча теплота згоряння газу, кДж/м³ (ккал/м³);

V_x - питома витрата сухого опалювального газу в м³ на 1000 кг завантаження, знаходять у результаті розрахунку, виходячи з рівності прибуткової та видаткової частин балансу.

Визначення теплоти згоряння за хімічним складом провадиться за формулою:

$$Q_{сн} = (30,16CO + 85,58CH_4 + 25,76H_2 + 160,0C_mH_n) \cdot 4,19 \quad (15)$$

де CO, CH₄ тощо - вміст компонентів в об'ємних відсотках у перерахунку на сухий газ;

$$Q_{сн} = (30,16 \cdot 7,2 + 85,58 \cdot 24,4 + 25,76 \cdot 55,6 + 160,0 \cdot 24) \cdot 4,19 = 17269,34 \text{ кДж / м}^3$$

2) Тепловміст газу визначається за формулою:

$$q_2 = V_x (C_0 \rho - t + W_r C_{H_2O}) \cdot t \text{ (кДж/1000 кг шихти)} \quad (16)$$

де t – температура коксового газу, що надходить опалення печей, 20⁰С.

Приймаємо статичний тиск газу газопроводі 1,27 кн/м² (130 мм вод.ст.), що відповідає 9,55 мм рт.ст.

Вміст вологи в газі W_r в об'ємних відсотках у перерахунку на 1 м³ сухого газу розраховується за такою формулою:

$$W_r = (\phi P_s) / (B + b - \phi P_s),$$

де P_s - тиск водяної пари, що насичує газ при даній температурі, н/м² (мм рт.ст.);

B – барометричний тиск, н/м² (мм рт. ст.);

b – статичний тиск газу, н/м² (мм рт. ст.);

ϕ – відносна вологість (для газу приймається рівною 1).

Для випадку, що розглядається, при $t=200\text{C}$, $P_s=2333 \text{ н/м}^2$ (17,5 мм рт.ст.)

$W_r=2333/(99975+1270-2333)=17,5/(750+9,55-17,5)=0,0236 \text{ м}^3/\text{м}^3$ сухого газу.

Враховуючи підігрів газу в газопідігрівачі, приймаємо температуру газу при надходженні в корнюри 500C . На основі даних про середню теплоємність складових частин газу обчислюємо середню теплоємність сухого газу:

$C_p = 0,01 (1,649 \cdot \text{CO}_2 + 1,308 \cdot \text{O}_2 + 1,942 \cdot \text{C}_m\text{H}_n + 1,297 \cdot \text{CO} + 1,605 \cdot \text{CH}_4 + 1,208 \cdot \text{H}_2 + 1,297 \cdot \text{N}_2)$

$C_p = 0,01 (1,649 \cdot 2,6 + 1,308 \cdot 0,6 + 1,942 \cdot 2,4 + 1,297 \cdot 7,2 + 1,605 \cdot 24,4 + 1,208 \cdot 55,6 + 1,297 \cdot 7,2) = 1,387 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$

Теплоємність H_2O при $500\text{C} = 1,496 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$ ($0,357 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$).

$\text{CH}_2\text{O} = 1,496 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$

Виходячи з отриманих даних, визначимо q_2 :

$$q_2 = V_x \cdot (1,387 + 0,0236 \cdot 1,496) \cdot 50 = 71,12 V_x$$

3) Тепловміст повітря визначимо з рівності:

$$q_3 = V_x L_{\text{п}} (C_p + W_{\text{в}} C'_p) \cdot t; \text{ кДж}/1000 \text{ кг} \quad (17)$$

де $L_{\text{п}}$ - дійсна кількість сухого повітря, що витрачається на спалювання 1 м^3 газу, м^3 ;

C'_p - середня теплоємність сухого повітря, $\text{кДж}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$;

t - температура вологого повітря;

$W_{\text{в}}$ - вміст у повітрі водяної пари в перерахунку на 1 м^3 сухого повітря, м^3 ;

C'_p - теплоємність водяної пари, $\text{кДж}/\text{м}^3 \cdot \text{град}$.

Виходячи зі складу газу, визначимо кількість повітря $L_{\text{п}}$.

Розрахунок необхідної кількості повітря $L_{\text{п}}$. Необхідну кількість кисню для горіння визначимо з рівності

$$O_{2\text{м}} = (1/2(\text{CO} + \text{H}_2) + 2\text{CH}_4 + 3,23\text{C}_m\text{H}_n - \text{O}_2) / 100 \quad (18)$$

Теоретична кількість сухого повітря розраховується за рівнянням:

$$L_{\text{т}} = 100/21 \cdot O_{2\text{м}}, \quad (19)$$

При надходженні на горіння тільки теоретичної кількості повітря відбувається неповне згорання, тому величину горіння множать на коефіцієнт, що

називається коефіцієнтом надлишку повітря і α , що позначається. Величина α приймається зазвичай коксового газу рівної 1,15-1,25, для доменного газу 1,2-1,3. Розрахована кількість сухого повітря називається практичною кількістю повітря:

$$L_{\text{п}} = \alpha L_{\text{т}}, \quad (20)$$

Разом з 1 м³ повітря через опалювальну систему проходить певна кількість водяної пари (W_b). Ця кількість підраховується за такою формулою:

$$W_b = (P_s \varphi) / (P - P_s \varphi) \quad (21)$$

де P - барометричний тиск, що приймається рівним 99975 н/м² (750 мм рт.ст.);

φ – відносна вологість повітря.

Приймаємо середнє значення для Донбасу – 0,5 (50%), для Наддніпряни – 0,7 (70%).

Визначимо необхідні для розрахунку q_3 величини:

$$O_{2m} = (0,5 \cdot (7,2 + 55,6) + 2 \cdot 24,4 + 3,23 \cdot 2,4 - 0,6) / 100 = 0,874 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ сухого газу}$$

$$L_{\text{т}} = 100 / 21 \cdot 0,874 = 4,162 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ сухого газу}$$

$$\text{При } \alpha = 1,6 \text{ ЛП} = 1,6 \cdot 4,162 = 6,66 \text{ м}^3/\text{м}^3 \text{ сухого газу}$$

Знайдемо вміст водяної пари в 1 м³ сухого повітря за формулою:

$$W_b = (P_s \varphi) / (P - P_s \varphi) = 1706 \cdot 0,7 / (99975 - 1706 \cdot 0,7) = 0,0121 \text{ м}^3 / \text{м}^3 \text{ повітря}$$

Теплоємність сухого повітря при 25⁰С дорівнює 1294 кДж/(м³·град).

Теплоємність водяної пари при 25⁰С дорівнює 1,493 кДж/(м³·град).

Виходячи з цих даних, знаходимо теплоутримання повітря:

$$q_3 = V_x \cdot 6,66 \cdot (1,294 + 0,0121 \cdot 1,493) \cdot 25 = 218,46 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

$$q_3 = V_x \cdot 218,46 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

4) Тепловміст вологої шихти. Тепло, яке вносить шихта, визначається за формулою:

$$q_4 = 1000((1 - W_{\text{ш}}/100)C_y + W_{\text{ш}}/100 \cdot C_w)t \text{ кДж/1000 кг шихти}, \quad (22)$$

де $W_{\text{ш}}$ - вміст води в шихті, % (за даними технічного аналізу);

C_y – середня теплоємність сухого вугілля, кДж/(кг·град);

C_w – теплоємність води (приймаємо рівною 1 ккал/кг або 4,186 кДж/кг)

t – температура завантаженої шихти.

Теплоємність сухого вугілля знаходять за такою формулою:

$$C_y = (1 - A_{ш}^c/100) C_r + A_{ш}^c/100 \cdot C_3; \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}, \quad (23)$$

де $A_{ш}^c$ - вміст золи в сухій шихті, % (за даними матеріального балансу);

C_r – середня теплоємність паливної маси шихти;

C_3 – середня теплоємність золи вугілля.

Теплоємність C_r для коксівного вугілля може бути прийнята при низьких температурах рівної 1,08 кДж/(кг·град) (0,26 ккал/кг· $^{\circ}$ C), теплоємність золи може бути прийнята приблизно рівною теплоємністю кварцу, чисельний вираз якої дорівнює 0,711 кД (кг·град) (0,17 ккал/кг· $^{\circ}$ C), $A_{ш}^c = 8,65\%$. Температуру шихти приймаємо рівною 200С.

$$C_y = (1 - 8,65/100) \cdot 1,08 + 8,65 \cdot 100 \cdot 0,711 = 1,048 \text{ кДж / (кг. град)}$$

При вмісті води в шихті 8,5 % (з даних матеріального балансу) та прийнятій температурі її 200С тепловміст вологої шихти дорівнює:

$$q_4 = 1000[(1 - 8,5/100) \cdot 1,059 + 8,5/100 \cdot 4,187] \cdot 20 = 26520 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

5) Тепловий ефект процесу коксування. Величина і символ теплового ефекту процесу коксування ще мало вивчені, тому, приймаємо її рівним нулю: $q_5 = 0$.

Витратні статті балансу

1) Тепло на нагрівання коксу. Тепловміст визначається за формулою:

$$q_1 = D_o \cdot C_k \cdot t_k, \text{ кДж/1000 кг} \quad (24)$$

де K - вихід сухого коксу з вологої шихти, величина якого береться з матеріального балансу, кг/1000 кг;

C_k – середня теплоємність коксу, кДж/(кг. град);

t_k – середня температура коксу під час видачі його з камери коксування, $^{\circ}$ C.

Теплоємність коксу C_k можна визначити за такою формулою Дебрюннера:

$$C_k = A/100 \cdot C_A + B/100 \cdot C_B + V/100 \cdot C_V \quad (25)$$

де A , B , V – вміст золи, вуглецевої речовини та вихід летких речовин з коксу, %;

C_A , C_B – середні вагові теплоємності золи та вуглецевої речовини коксу,

кДж/(кг·град);

C_v – об'ємна теплоємність летких речовин коксу, що приймається рівною теплоємністю коксового газу, кДж/(кг·град);

γ – щільність летких речовин, що приймається приблизно дорівнює $0,45 \text{ кг/м}^3$.

Визначення теплоємності коксу C_k будемо проводити за формулою Дебрюннера (13). Для розрахунку C_k приймаємо $A_k^c = 9,35\%$ (з матеріального балансу), $B = 89\%$, $V = 1,0\%$.

За розрахунком, наведеним нижче, $t_k = 1030 \text{ }^\circ\text{C}$. При цих температурах середні теплоємності C_A , C_B , C_v будуть:

$$C_A = 1,064 \text{ кДж/(кг·град)} (0,255 \text{ ккал/(кг·град)});$$

$$C_B = 1,520 \text{ кДж/(кг·град)} (0,264 \text{ ккал/(кг·град)});$$

$$C_v = 1,820 \text{ кДж/(кг·град)} (0,435 \text{ ккал/(кг·град)});$$

$$C_k = 9,35/100 \cdot 1,064 + 89/100 \cdot 1,520 + 1/100 \cdot 0,45 \cdot 1,820 = 1,492 \text{ кДж/(кг·град)}.$$

Температура коксового пирога при видачі його камери коксування може бути визначена шляхом безпосередніх вимірів, а також аналітичним шляхом.

Визначення середньої температури коксового пирога аналітичним шляхом складно, тому робимо розрахунок, з практичних даних та наступних положень.

Прийmemo:

а) температуру по осі коксового пирога в нижній частині камери до кінця періоду коксування

$$t_n = 1050^0;$$

б) температуру біля стінки косового пирога у нижній частині камери $t_{стн}$ на 30^0C вище, ніж t_n ,

$$t_{стн} = 1080^0;$$

в) середню температуру низу коксового пирога до кінця періоду коксування

$$t'_n = (t_{стн} + t_n) / 2 = (1050^0 + 1080^0) / 2 = 1065^0 \text{ C};$$

г) температуру по осі коксового пирога у верхній частині камери до кінця періоду коксування

$$t_b = 980^0;$$

д) температуру біля стінки коксового пирога у верхній частині камери

$$t_{\text{стВ}} = 1010^{\circ};$$

е) середню температуру верху коксового пирога до кінця періоду коксування

$$t_{\text{В1}} = (t_{\text{В}} + t_{\text{стВ}})/2 = (980 + 1010)/2 = 995^{\circ} \text{ C}$$

тоді

$$t_{\text{к}} = (t'_{\text{н}} + t'_{\text{В}}) / 2 = (1650 + 995) / 2 = 1030^{\circ} \text{ C}$$

Тепловміст коксу в цьому випадку становитиме:

$$q'_{1} = 706,7 - 1,493 \cdot 1030 = 1086028,3 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

2) Тепло нагріву дистиляційного газу розраховуємо за формулою:

$$q'_{2} = V_{\text{Г}} \cdot C_{\text{р0-t}} \cdot t \text{ кДж/1000 кг шихти} \quad (26)$$

де $V_{\text{Г}}$ - вихід сухого газу на одиницю завантаження (за даними матеріального балансу), м^3 ;

$C_{\text{р0-t}}$ – середня теплоємність газу, $\text{кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$;

t – температура прямого газу при виході з камери.

Вихід сухого газу (з матеріального балансу) дорівнює $124,4 \text{ кг/т шихти}$.

Щільність сухого газу

$$\gamma_{\text{Г}} = (1,977 \text{ CO}_2 + 1,413 \text{ C}_m\text{H}_n + 1,429 \text{ O}_2 + 1,250 \text{ CO} + 0,717 \text{ CH}_4 + 0,090 \text{ H}_2 + 1,251 \text{ N}_2 + 1,539 \text{ H}_2\text{S}) \cdot 0,01 \text{ кг/м}^3$$

де CO_2 , C_mH_n і т.д. - Відсотковий вміст складових частин газу в об'ємних одиницях;

1,977, 1,413 тощо - щільність відповідних компонентів.

$$\gamma_{\text{Г}} = (1,977 \cdot 2,6 + 1,413 \cdot 2,4 + 1,429 \cdot 0,6 + 1,250 \cdot 7,2 + 0,717 \cdot 24,4 + 0,090 \cdot 55,6 + 1,251 \cdot 7,2 + 1,539 \cdot 3) \cdot 0,01 = 0,545 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{Г}} = 124,4 / 0,545 = 228,26 \text{ м}^3/\text{т вологої шихти}$$

Середню теплоємність газу при $t = 750^{\circ}\text{C}$ визначаємо за складом, визначивши теплоємність окремих компонентів.

$$C_{\text{р0-750}} = (2,108 \cdot 2,6 + 3,228 \cdot 2,4 + 1,440 \cdot 0,6 + 1,377 \cdot 7,2 + 2,432 \cdot 24,4 + 1,312 \cdot 55,6 + 1,363 \cdot 3) \cdot 0,01 = 1,604 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град})$$

Температуру газу при виході з камери коксування приймаємо рівною 750° C .

Тепловміст газу:

$$q'_2 = 228,26 \cdot 1,604 \cdot 750 = 274597 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

3) Тепло нагрівання хімічних продуктів коксування.

1) Тепло, яке несуть пари смоли, визначається за формулою

$$q'_{\text{см}} = G (q_0 + C_{p0-t}) \quad (27)$$

де G - Вихід смоли (з матеріального балансу).

$$G = 30,8 \text{ кг/т шихти}$$

Прихована теплота випаровування смоли при 00°C

$$q_0 = 418,7 \text{ кДж/кг}$$

Середня теплоємність парів смоли C_{p0-t} в залежності від температури

$$C_{p0-t} = 0,305 + 0,392 \cdot 10^{-3} t \text{ кдж/(кг·град)} \quad (28)$$

$$C_{p0-750} = 0,305 + 0,392 \cdot 10^{-3} \cdot 750 = 2,51 \text{ кдж/(кг. град)}$$

тоді

$$q'_{\text{см}} = 30,8 (418,7 + 2,51 \cdot 750) = 70877 \text{ кДж/1000 м шихти}$$

2) Тепло, яке забирає пара бензольних вуглеводнів. За матеріальним балансом кількість бензолу становить:

$$G_6 = 10,15 \text{ кг/т шихти}$$

Прихована теплота випаровування сирого бензолу при 0°C дорівнює 431,2 кДж/кг.

Середня теплоємність парів бензольних вуглеводнів середнього складу визначається за такою формулою:

$$C_{p0-750} = 1 / 84,6 (20,7 + 0,025 \cdot 750) = 1,951 \text{ кДж / кг } ^\circ\text{C} \quad (29)$$

де 84,6 - середньодинамічна молекулярна вага парів сирого бензолу. При цьому тепло нагріву бензолу дорівнює:

$$q_6 = 10,15 (431,2 + 1,951 \cdot 750) = 19228,6675 \text{ кДж/100кг шихти}$$

3) Тепло, яке несуть аміак, обчислюється за формулою

$$q'_a = G \cdot C_{p0-t} \text{ кДж/1000 кг шихти} \quad (30)$$

де G – вихід аміаку в кг на 1 т завантаження (за даними матеріального балансу), кг;

C_{p0-t} – середня теплоємність аміаку, кДж/(кг·град);

t – температура аміаку під час виходу з камери.

Середня теплоємність аміаку дорівнює 2,683 кДж/(кг·град). Тоді

$$q'_a = 2,8 \cdot 2,683 \cdot 750 = 5625 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

Загальна кількість тепла, що забирається хімічними продуктами коксування, дорівнює

$$q'_3 = 70877 + 19229 + 5625 = 95731 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

4) Тепло, яке несуть пари води, знаходять за формулою

$$q'_4 = W_0(2491 + C_{p0-t} \cdot t_{п}) \text{ кДж/1000 кг} \quad (31)$$

де W_0 - загальна кількість вологи (волога вугілля та пірогенетична волога), в кг на 1 т завантаження (за даними матеріального балансу);

C_{p0-t} - середня теплоємність водяної пари, кДж/(кг·град), від 0 до $t_{п}$ °С;

$t_{п}$ - температура водяної пари при виході їх із камери.

За даними матеріального балансу кількість загальної вологи у витратній частині становить 118 кг/т шихти.

Т.к. водяні пари виділяються в основному в першій половині періоду коксування, то приймаємо їх температуру на 100 °С нижче температури газу, що виходить ($t_{п} = 750^{\circ}\text{C} - 100^{\circ}\text{C} = 650^{\circ}\text{C}$).

Середня теплоємність водяної пари дорівнює

$$C_{p0-650} = 2,026 \text{ кДж/(кг·град)}$$

За вказаних вище умов теплоємність водяної пари, що виходять з камери коксування, становитиме

$$q'_4 = 118 \cdot (2491 + 2,026 \cdot 650) = 449332 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

5) Тепло, яке несуть продукти горіння, може бути знайдено за формулою

$$q'_5 = V_x \cdot V_{п.г} \cdot C_{p0-t} \cdot t_{п.г} \text{ кДж/1000 кг шихти} \quad (32)$$

де $V_{п.г}$ - кількість вологих продуктів горіння на 1 м³ газу, м³;

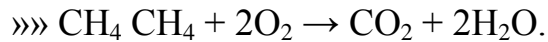
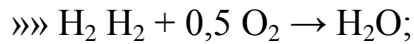
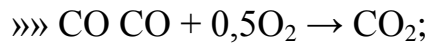
C_{p0-t} - середня теплоємність продуктів горіння, кДж/(м³ · град);

$t_{п.г}$ - Середня температура продуктів горіння, що надходять до борів.

Кількість продуктів горіння можна визначити, знаючи реакції горіння компонентів газу при відомому його відсотковому складі та заданому $\alpha = 1,20$.

Реакції горіння газу:





$$V_{п.г.} = V_{H_2O} + V_{CO_2} + V_{N_2} + V_{O_2}$$

$$V_{H_2O} = (24,4 / 2 + 55,6 \cdot 1 + 2,4 \cdot 2) / 100 = 109,2 \text{ м}^3$$

$$V_{N_2} = 3,76 \cdot V_{O_2}$$

$$V_{N_2} = 3,76 \cdot 0,874 = 3,29 \text{ м}^3$$

$$C_{п.г.т} = (C_{H_2O} \cdot V_{H_2O} + CO_{2т} \cdot V_{O_2} + C_{CO_2} \cdot V_{CO_2} + C_{N_2т} \cdot V_{N_2}) / V_{п.г.}$$

$$V_{CO_2} = (24,4 \cdot 1 + 7,2 \cdot 1 + 2,4 \cdot 2) / 100 = 0,364 \text{ м}^3$$

$$V_{п.г.} = 109,2 + 3,29 + 0,364 + 0,874 = 113,73 \text{ м}^3$$

$$C_{p0-360} = (1,896 \cdot 0,364 + 1,550 \cdot 109,2 + 1,316 \cdot 3,29 + 1,367 \cdot 0,874) / 113,73 = 1,55 \text{ кДж}/(\text{м}^3 \cdot \text{град});$$

$$q'_{15} = V_x \cdot 113,73 \cdot 1,55 \cdot 360 = 63461,34 V_x$$

6) Втрата тепла від хімічної неповноти горіння опалювального газу.

Т.к. у димових газах немає горючих елементів, втрати ці дорівнюють нулю.

7) Теплові втрати у навколишній простір. Теплові втрати на одиницю завантаження залежать від продуктивності та температурного режиму печей, а також від їх конструкції та ізоляції стін. У сучасних коксових печах величина теплових втрат коливається не більше 8 – 11 % загальної витрати тепла на коксування.

Теплові втрати в навколишній простір визначається за формулою

$$q'_7 = \alpha_0 \cdot F(t_1 - t_2) \text{ Вт} \quad (33)$$

де α_0 – сумарний коефіцієнт теплопередачі конвекцією та випромінюванням, Вт/(м² · град);

F – тепловіддаюча поверхня, м²;

t₁ – температура поверхні, °С;

t₂ – температура довкілля, °С.

Т.к. температура окремих ділянок зовнішніх поверхонь пічного масиву різна, розрахунок теплових втрат ведеться окремо для ділянок із приблизно рівною температурою.

Поверхні коксової печі розбиваються для цього розрахунку такі ділянки:

1) Склепіння камери

$$F_1 = (b_{cp}L - F_3) \quad (34)$$

де b_{cp} – середня ширина камери, м;

L - Повна довжина печі, м;

F_3 – поверхня завантажувальних люків, m^2 .

$$F_1 = (0,410 \cdot 15,040 - 3 \cdot 0,3844) = 5,0132 \text{ м}^2$$

2) Звід обігрівального простінка

$$F_2 = [(A - b_{cp}) L - F_4] \quad (35)$$

де A – відстань між осями сусідніх камер, м;

F_4 – поверхня оглядових люків, m^2 .

$$F_2 = [(1,260 - 0,410) \cdot 15,040 - 32 \cdot 0,22] = 11,504 \text{ м}^2$$

3) Завантажувальні люки

$$F_3 = n \cdot f_{3,л.} \quad (36)$$

де n – кількість люків печі;

$f_{3,л.}$ - Поверхня одного люка з рамою, m^2

$$F_3 = 3 \cdot 0,3844 = 1,1532 \text{ м}^2$$

4) Оглядові лючки

$$F_4 = n \cdot f_{с.л} \quad (37)$$

де n - кількість лючків в одному обігрівальному простінці;

$f_{с.л.}$ - Поверхня одного лючка з рамою, m^2

$$F_4 = 32 \cdot 0,04 = 1,28 \text{ м}^2$$

5) Лобові стінки з боку виштовхування коксу – машинна сторона – м.с. та з боку прийому коксу в коксогасний вагон – к.с. Поверхня цієї ділянки обмежена по висоті рівнями зведення камери та надзводового майданчика та у горизонтальному напрямку – осями сусідніх камер.

Цю величину поверхні знаходять за формулою

$$F_5 = A \cdot h_{л} \quad (38)$$

де $h_{л}$ – товщина склепіння камери, м.

$$F_5 = 1,26 \cdot 1,036 = 1,305 \text{ м}^2$$

б) Двері коксової та машинної сторін

$$F_6 = h_k b$$

де h_k - повна висота камери, м;

b – ширина камери з коксової чи машинної сторони, м.

$$F_6 = 5,5 \cdot 0,385 = 2,12 \text{ м}^2 \text{ (м.с.)}$$

$$F_6 = 5,5 \cdot 0,435 = 2,393 \text{ м}^2 \text{ (к.с.)}$$

7) Торцеві стіни обігрівальних простінків (величину їх поверхні визначаємо без урахування анкерних колон)

$$F_7 = (A - b) h_k \quad (39)$$

$$F_7 = (1,26 - 0,435) \cdot 5,5 = 4,54 \text{ м}^2 \text{ (к.с.)}$$

$$F_7 = (1,26 - 0,385) \cdot 5,5 = 4,813 \text{ м}^2 \text{ (м.с.)}$$

8) Стіни регенераторів $F_8 = 2 \cdot A \cdot h_{\text{рег}} = 2 \cdot 1,260 \cdot 3,2 = 8,32 \text{ м}^2$. Для визначення загальних втрат в навколишній простір приймаємо швидкість вітру 3 м/с з коксової сторони та 2 м/с з машинної сторони. Знаючи швидкість вітру, визначаємо α_k (коефіцієнт теплопередачі конвекцією):

$$\alpha_k = [(5.3 + 3.6W) \cdot 1.163] \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$$

де W - Справжня швидкість вітру, віднесена до температури повітря.

Таблиця 3.4 - Теплові втрати в навколишній простір

Назва ділянок	м ²	t ₁	t ₂	α _к	α _л	α ₀	q' _z
Зведення камери	5,0132	79	15	18,72	7,42	26,14	8387
Звід простінка	11,504	98	15	18,72	8,02	26,74	25532
Завантажувальні люки	1,153	336	15	18,72	22,00	40,72	15074
Оглядові люки	1,28	247	15	18,72	16,20	34,92	11577
Лобові стінки							
к.с.	1,305	80	15	18,72	7,74	26,46	2245
м.с.	1,305	70	15	14,53	7,30	21,83	1567
Двері							
к.с.	2,393	97	15	18,72	8,01	26,73	5245
м.с.	2,12	87	15	14,53	7,93	22,46	3428
Торцеві стінки							
к.с.	4,54	122	15	18,72	10,10	28,82	14000
м.с.	4,813	103	15	14,53	8,60	25,13	10644
Стінки регенераторів	8,320	70	40	-	11,00	11,00	2747
Разом							100446

Коефіцієнт теплопередачі випромінюванням визначимо за рівністю

$$\alpha_{\text{л}} = C[(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] / (t_1 - t_2) \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град}) \quad (40)$$

де T_1 і T_2 - абсолютні температури відповідно поверхні та навколишнього середовища.

Для шорстких металевих та цегляних поверхонь

$$C = 5,7 \text{ Вт}/(\text{м}^{2,0}\text{К}^4)$$

де C - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла, $\text{Вт}/(\text{м}^{2,0}\text{К}^4)$

Таблиця 3.5 – Попередній тепловий баланс

Прихід		Витрата	
Назва статті	q_1 , кДж	Назва статті	q'_1 , кДж
Тепло горіння газу	$17269,34 V_x$	Тепло на нагрівання коксу	1086028
Тепловміст газу	$71,12 V_x$	Тепло на нагрівання газу	274597
Тепловміст повітря	$218,46 V_x$	Тепло на нагрівання хімічних продуктів коксування	95731
Тепловміст вологої шихти	26520	Тепло, що забирається вологою	449332
Неврахований прихід тепла, коксу, що виділяється при горінні, газу та теплота реакцій	211204	Втрати тепла від неповноти згорання газу	0
		Тепло, яке забирає продукти горіння	$2848,66 V_x$
		Втрати тепла в навколишній простір	272873
Разом	$237724+17558,92 V_x$	Разом	$2178561+2848,66 V_x$

Сумарний коефіцієнт тепловипромінювання та конвекції

$$\alpha_0 = \alpha_k + \alpha_l$$

Втрати тепла зовнішніх поверхонь променевипусканням та конвекцією в одиницю часу визначаються за формулою

$$q'_z = \alpha_0 F (t_1 - t_2) \text{ Вт} \quad (41)$$

Дані розрахунків зводимо до таблиці 3.6.

Втрати тепла в навколишній простір, віднесені до 1000 кг шихти, будуть:

$$q''_z = (\sum q'_z \cdot z \cdot 1000) / G \text{ кДж}/1000 \text{ кг шихти} \quad (42)$$

де z – період коксування, год;

G – величина завантаження камери, кг.

$$q''_z = (100446 \cdot 18 \cdot 36 \cdot 102 \cdot 103) / 26 \cdot 103 = 250342,33 \text{ кДж}/1000 \text{ кг шихти.}$$

Таблиця 3.6 - Тепловий баланс коксових печей при опаленні коксовим газом

Прихід			Витрата		
Назва статті	q ₁ , кДж	%	Назва статті	q' ₁ , кДж	%
Тепло горіння газу	2279552,6 8	89,7	Тепло на нагрівання коксу	1086028	41,6
Тепловміст газу	9387,6	0,35	Тепло на нагрівання газу	274597	13,8
Тепловміст повітря	28836,72	0,89	Тепло на нагрівання хімічних продуктів	95731	3,6
Тепловміст вологої шихти	26713	1,01	Тепло, що забирається вологою	449332	16,3
Неврахований прихід тепла, що виділяється при горінні коксу, газу та теплота реакцій	211204	8,05	Тепло, яке забирає продукти горіння	376023	15,6
			Втрати тепла від неповноти згорання газу	0	
			Втрати тепла в навколишній простір	272873	9,1
Разом	2555694	100	Разом	2555694	100

Орієнтовно приймаємо величину теплових втрат у ґрунт, що дорівнює 9 % від загальної кількості тепла, що втрачається зовнішніми поверхнями в атмосферу. Загальна кількість тепла, що втрачається в атмосферу і ґрунт, дорівнює

$$q_z = 250342,33 \cdot 1,09 = 272873 \text{ кДж/1000 кг шихти}$$

На підставі отриманих значень окремих статей прибуткової та видаткової частин теплового балансу складаємо попередній тепловий баланс. В нього також входить невідома величина V_x , що є питомою витратою сухого опалювального газу на 1000 кг шихти (таблиця 3.5) і остаточний тепловий баланс (таблиця 3.6).

$$V_x = 1940837,15/14710,26 = 132 \text{ м}^3 \text{ сухого газу/1000 кг шихти}$$

3.5.3 Розрахунок кількості газу на обігрів коксової батареї

$$V_x \cdot G_{\text{пш}} = V_{\text{об}}, \quad (43)$$

де $V_{\text{об}}$ - загальна витрата газу на батарею, м^3

$$V_{\text{об}} = 132 \cdot 110,84 = 14630,88 \text{ м}^3$$

Т.к. загальний газопровід розподіляється за тунелем у дві нитки (одна йде на машинну сторону, а інша на коксову), відповідно слід зробити перерахунок на кожну зі сторін, тому що обсяг газу на коксову сторону більший, ніж на машинну.

$$\left\{ \begin{array}{l} V_k = 1,05 \cdot V_m \\ V_k + V_m = V_{об} \end{array} \right. , \quad (44)$$

де V_k - витрата газу на коксову сторону, m^3

V_m - витрата газу на машинний бік, m^3

Вирішуємо систему:

$$1,05 \cdot V_m + V_m = V_{об}$$

$$2,05 \cdot V_m = V_{об}$$

$$V_m = V_{об}/2,05$$

$$V_m = 14630,88/2,05 = 7137,01 \text{ м}^3$$

$$V_k = 1,05 \cdot 7137,01 = 7493,86 \text{ м}^3$$

4 ВПРОВАДЖЕННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ВИГОТОВЛЕННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО КОКСУ

4.1 Шляхи вдосконалення технології підготовки вугілля для коксування

Удосконалення існуючої та створення нової технології підготовки вугілля для коксування включає комплекс заходів і технічних прийомів, основними з яких є впровадження нових методів збагачення вугілля, раціональне складання вугільних шихт, оптимальні ступінь і характер подрібнення вугілля, збільшення щільності вугільного завантаження, попередня сушка і нагрівання вугілля перед коксуванням і ін.

Нові методи збагачення, раціональне шихтування вугілля, оптимальна ступінь і характер подрібнення вугілля дають можливість дещо розширити сировинну базу коксування і поліпшити фізико-хімічні властивості коксу.

Підвищення щільності вугільного завантаження, спрямоване в основному на поліпшення якості коксу, який отримують з шихти зі значними добавками слабо спіклого вугілля досягається різними методами. До них можна віднести трамбування шихти, часткове брикетування і гранулювання шихти і додавання в шихту органічних рідин. Практичне здійснення цих методів призводить також до деякого підвищення продуктивності камерних печей.

Одним із способів ущільнення вугільної шихти перед коксуванням, що забезпечують економію добре спікливих вугілля при збереженні і навіть поліпшення якості коксу і підвищення техніко-економічних показників його виробництва, є трамбування або брикетування (повне або часткове).

При трамбуванні тонко подрібнену шихту ущільнюють в спеціальному пристрої поза коксової печі за допомогою падаючих молотків. Ущільнення шихти можливо також попередніми брикетуванням всієї або частини шихти в двовалкової пресах без сполучного або зі сполучною з подальшою гравітаційної завантаженням брикетів (одних або в суміші з частиною подрібненої шихти) в камери коксування.

Основними передумовами збільшення кількості слабо спіклого вугілля, в

шихті для коксування при її попередньому ущільненні є поліпшення спікливості шихти і якості одержуваного коксу при підвищенні щільності шихти. Як показали дослідження, спікливості шихти, що оцінюється ступенем її розширення в дилатометрі, при нагріванні шихти збільшується пропорційно квадрату щільності шихти. Зі збільшенням щільності шихти зростає міцність шматків і матеріалу коксу.

При ущільненні шихти трамбуванням можна підвищити її щільність до 1,05-1,15 т/м³. Внаслідок скорочення відстаней між вугільними зернами в ущільненому вугільному пирозі при коксуванні потрібна менша кількість рідкої фази і досягається велика міцність структури коксу. Це обумовлює можливість використання шихт зниженої спікливості [11].

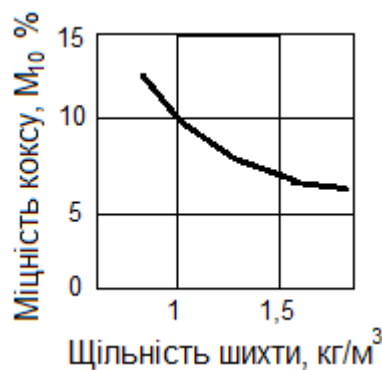


Рисунок 4.1 - Залежність міцності коксу при випробуванні його в малому барабані від щільності шихти

При ущільненні шихти брикетуванням насипна щільність шихти збільшується в кетів, становить в середньому 0,8 т/м³. Міцність коксу з частково брикетованої шихти вище, ніж міцність коксу зі звичайної шихти тієї ж щільності. Це пояснюється надзвичайно сильним розширенням брикетів при розм'якшенні в порівнянні з розширенням подрібненої частини шихти, що обумовлює значне поліпшення спікливості шихти в цілому. Тому процес коксування частково брикетованих шихт протікає так, як якщо б шихта в печі мала велику щільність

При розширенні брикетів з виділенням значної кількості парогазових продуктів в пластичному стані відбувається стиснення розташованих навколо брикетів зерен шихти, що сприяє спіканню цих зерен. У зв'язку з цим процес коксування частково брикетованої шихти покращує її спікливість і якість коксу, а також дозволяє використовувати для коксування вугілля зниженої спікливості.

Трамбування шихти. Коксування трамбованої шихти застосовується в промисловому масштабі на ряді коксохімічних заводів в ФРН, Чехії, Польщі, Франції та інших країн, забезпечуючи отримання доменного коксу з шихти зі значним вмістом слабоспікливого вугілля.

Трамбування вугільної шихти дозволяє збільшити ступінь помелу шихти без зниження продуктивності коксових печей і погіршення умов праці та їх експлуатації.

Технологія коксування трамбованої шихти полягає в тому, що вугільна шихта подається з вугільних веж, які знаходяться з машинної сторони коксової батареї, в бункер ущільнюючої, завантажувальної і коксовиштовхувальної машини. У спеціальній формі, яка відповідає формі і розмірам камери коксування, протягом 3 хв. відбувається ущільнення вугільного завантаження, і утворюється вугільний пиріг. Готовий вугільний пиріг направляється па піддоні в камеру коксування, піддон потім висувається на місце, в форму, і двері камери закривається.

Відсмоктування газів, що утворюються в момент завантаження вугільного пирога в камеру коксування, здійснюється за допомогою пристрою для очищення газів завантаження, встановленого на вагоні. Вагон переміщається по верху батареї, і гази відсмоктуються через отвори в склепінні печі. Гази завантаження спалюють в котельній камері, розташованій на вагоні, а утворені продукти горіння охолоджуються, промиваються водою від пилу і видаляються в атмосферу при температурі близько 70 °С.

Коксування трамбованої шихти можна комбінувати з її термічною підготовкою. Вугільну шихту з високим вмістом слабоспікливих і неспікливих компонентів (до 80%) нагрівають до 170-180 °С, змішують з 6% нафтового бітуму і ущільнюють в трамбувальній машині, такий же, як і для трамбування вологої шихти. Трамбований пиріг всувають в камеру коксування; тривалість процесу його коксування скорочується на 25-30%, а продуктивність коксової печі збільшується не менш ніж на 35%.

Істотною перевагою комбінованого процесу трамбування термopідготовленої шихти зі сполучним є значне поліпшення якості коксу в

порівнянні з коксом, отриманим з трамбованої вологої шихти. Вихід металургійного коксу (клас > 25 мм) при коксуванні термopідготовленої трамбованої шихти на 5% вище, ніж при коксуванні вологої трамбованої шихти.

Для отримання коксу високої якості комбiнуванням процесiв термopідготовки i трамбування достатньо, якщо в шихтi мiститься 10-15% добре спiкливого вугiлля

Технiко-економiчнi показники комбiнованого процесу краще, ніж показники процесу коксування трамбованої вологої шихти, за рахунок зменшення вартостi шихти, збiльшення продуктивностi коксових печей i полiпшення якостi коксу.

Процес попереднього брикетування всiєї шихти без сполучного здiйснюється в двовалкових пресах продуктивнiстю до 40 т/год. Отриманi брикети транспортують ковшовими елеваторами в вуглезавантажувальний вагон коксової батареї. Щiльнiсть попередньо брикетованої шихти в камерi коксування становить 750 замість 650 кг/м³ для небрикетованої шихти.

У ФРН розробляється комбiнований процес, в якому поєднується сушка шихти при температурi 100 °С з подальшим її брикетуванням при додаванні 4-6% кам'яновугiльної смоли. Перiод коксування сухий брикетованої шихти скорочується на 17-20%, а продуктивнiсть коксових печей пiдвищується приблизно на 35% в порiвнянні з коксуванням вологої брикетованої шихти.

Перевагами комбiнованого процесу сушіння та брикетування шихти перед коксуванням в порiвнянні з роздiльними процесами термiчної пiдготовки i брикетування є можливiсть використання одного ступеня термiчної пiдготовки шихти, що забезпечує зниження витрат i пiдвищення безпеки процесу; усунення виносу вугiльного пилу в газозбiрник; компактнiсть установки i менша чутливiсть до перебоїв в роботi установки.

Вперше в промисловому масштабі часткове брикетування шихти було здiйснено в 1971 р в Японії, i в даний час цей метод широко застосовується на ряді коксохімічних заводів ФРН, Індії та інших країн [12].

Брикетована частина (30%) шихти змiшується зi сполучним в шнековому змiшувачi для рiвномiрного розподiлу зв'язуючого у вугiльнiй масi i надходить в

змішувач-пластифікатор з паровим обігрівом з метою розплавлення сполучного і підвищення гомогенності маси. Загальна витрата зв'язуючого становить 6-8% від брикетувальної частини шихти. В якості сполучного застосовують низькотемпературний пек (температура розм'якшення 35 °С), який в розплавленому стані розбризкується в шихту, що знаходиться в закритій ємності.

Для брикетування застосовують двохвалкові преси продуктивністю 30-100 т/год. Розмір отриманих брикетів 44x44x26 мм. Для зміцнення брикетів їх охолоджують на колосниковому конвеєрі, на якому одночасно здійснюється відсів розбитих брикетів, які направляються знову в змішувач.

Брикети і решта (70%) подрібненої шихти надходять в окремі секції вугільної вежі. У процесі вивантаження їх з вугільної башти в заданому співвідношенні на стрічкові живильники і при подальшому транспортуванні в вуглезавантажувальний вагон шихта і брикети перемішуються.

Принципово іншим різновидом процесу часткового брикетування шихти є процес, що полягає в тому, що в брикетувальну частину шихти вводять тільки слабоспікливі і неспікливі компоненти шихти. Для збільшення вмісту неспікливого вугілля в шихті в цьому процесі використовують високотемпературний нафтовий пек як сполучне або додаткові спікальні добавки до брикетувальної частини шихти.

Різниця в схемах цього процесу в тому, що в першій з них високотемпературний нафтовий пек використовують в якості спікальної добавки в шихту, в другій - в якості одного з компонентів сполучного при брикетуванні (іншим компонентом є кам'яновугільна смола). У першому варіанті в якості сполучного використовується низькотемпературний кам'яновугільний пек.

Тривалий досвід експлуатації установок по коксуванню частково брикетованих шихт показав, що при збільшенні частки слабоспікливого і неспікливого вугілля в шихті на 15-20% можна отримувати доменний кокс високої якості.

Подальший розвиток цього процесу повинен йти по шляху вдосконалення пресів брикетування і зниження вартості сполучного.

Ефективність коксування частково брикетованої шихти визначається тим,

що додаткові витрати на брикетування значно менше зниження вартості шихти при використанні великої кількості слабоспівного і неспівного вугілля. Додатковий ефект отримують в доменному виробництві за рахунок поліпшення якості коксу.

Коксування термічно підготовленої шихти. Попереднє нагрівання вугілля і шихт дозволяє збільшити його щільність на 15-30% і значно підвищити сипучість за рахунок зменшення вологості і зміни властивостей поверхні зерен. Кожен тип вугілля і шихти характеризується певною температурою, нагрівання до якої вугілля або шихту, досягають максимуму збільшення їх щільності і сипучості. Значення цих температур лежать для більшості вугілля і шихт в області 200-250 ° С. Після досягнення максимуму щільності подальше нагрівання вугілля призводить до інтенсивного виділення газів і зміни властивостей поверхні вугільних зерен, внаслідок чого насипна щільність маси починає зменшуватися, залишаючись все ж вище значень для вологого вугілля [13].

Вплив термічної підготовки вугілля на процес коксування є складним і проявляється в наступному:

- підвищується співкість вугільного завантаження за рахунок збільшення щільності і швидкості її нагрівання на першій стадії процесу;
- поліпшується процес спікання через збільшення швидкості нагріву на другій стадії процесу;
- зменшується тріщинуватість коксу за рахунок зниження перепаду температур в завантаженні і зменшення градієнта швидкостей усадки суміжних шарів напівкоксу - коксу.

Позитивний вплив попередньої термічної підготовки на якість коксу тим більше, чим менше співкість вугільного завантаження і чим вище вихід летких речовин з неї.

На технологічні властивості вугільного завантаження впливають також умови її термічної підготовки, кінцева температура і швидкість нагріву, вміст кисню в теплоносії та ін. При швидкому попередньому нагріванні розширюється температурний інтервал переходу вугілля в пластичний стан, і температура

максимального розм'якшення зсувається в область більш високих значень. Такий глибокий вплив термічної підготовки вугілля і їх сумішей на процес коксування пояснює, чому при цьому процесі досягається найбільше поліпшення якості коксу але порівняно із застосуванням інших методів підготовки.

Коксування термічно підготовлених шихт має ряд переваг.

Поліпшується якість коксу внаслідок збільшення щільності завантаження на 15-30%, зменшення перепаду температур у вугільному завантаженні, збільшення швидкості нагрівання до пластичного стану, зниження сірчистості і підвищення рівномірності і сталості показників фізико-хімічних властивостей коксу.

Розширюється сировинна база коксування за рахунок значного збільшення в шихтах частки газового і слабоспікливого вугілля.

Збільшується продуктивність коксових печей на 25-50% внаслідок підвищення щільності завантаження і зниження періоду коксування.

Поліпшуються умови експлуатації вогнетривкої кладки камер коксування (зменшуються термічні удари).

Зменшується кількість стічних вод і парогазових продуктів коксування завдяки видаленню з шихти всієї вологи.

Термічна підготовка і завантаження шихти в камери коксування здійснюються трьома способами. Одним з них є трубопровідне транспортування шихти (завантаження), попередньо нагрітої в підігрівачі з киплячим шаром. У двох інших способах попереднє нагрівання здійснюється в трубах-сушарках; нагріту шихту завантажують в камери коксування за допомогою ланцюгового конвеєра або спеціального вуглезавантажувального вагона.

В основу способу трубопровідного завантаження покладено нагрівання вугільної шихти в апараті з псевдозрідженим шаром, який одночасно виконує роль дробарки, і трубопровідне транспортування шихти в коксові печі.

Вологе вугілля поділяють на два класи. Вугілля класу > 25 мм дроблять, приєднують до вугілля класу < 25 мм і направляють в зону швидкісної сушки, куди подається гарячий газ-теплоносій

Частково підсушене вугілля виноситься висхідним потоком теплоносія в розширену зону підігрівача, де створюється псевдозріджений шар; в нижній

частині підігрівача розташована ротаційна молоткова дробарка. Верхня межа крупності подрібненого вугілля становить 6 мм, при цьому вихід вугілля класу <3 мм досягає 90%. Підігріте до 260 °С вугілля відділяється від теплоносія в звичайних циклонах.

Гаряче вугілля з циклонів надходить в приймальний бункер, з якого періодично подається в дозувальний бункер, а з нього - в завантажувальний трубопровід коксових печей. По трубопроводу вугілля транспортується до печей під дією пари, що подається в трубопровід через форсунки, розташовані по його довжині. На головному трубопроводі для кожної печі розташовані індивідуальні клапани для її підключення і відключення під час завантаження нагрітої шихти в печі через завантажувальний люк.

Перевагами цього способу завантаження є герметичність трубопровідної системи, гарна якість коксу із шихт з підвищеним вмістом слабоспікливого вугілля. Недоліками способу є низька щільність пневмозавантаженої шихти (тільки на 2-4% більша за густину вологої шихти); значне винесення її в газозбірник при завантаженні; uszkodження вогнетривкої футеровки підігрівачів; забиванняпилевідвідних труб вторинних циклонів і ін.

За способом конвеєрного завантаження здійснюється двоступеневе нагрівання вугільної шихти в висхідному потоці газу-теплоносія і гравітаційного завантаження його в коксові печі за допомогою закритого конвеєра. Завантажувальний трубопровід розташований на спеціальному завантажувальному візку, що пересувається уздовж батареї. При завантаженні нагрітої шихти через два завантажувальних люка зі швидкістю 6 т/хв відпадає необхідність в плануванні шихти. Температура нагрітої шихти при завантаженні в коксові печі 170-200 °С [14].

Перевагою цього методу коксування термічно підготовленої шихти є нескладне апаратне оформлення процесів підігріву і завантаження шихти в коксові печі. До недоліків можна віднести подрібнення шихти при нагріванні і деяке зниження її щільності в порівнянні з щільністю цієї ж шихти, нагрітої іншими способами. Смола, що отримується на цих установках, відрізняється великою запиленістю (зольність 0,2-0,3%) і вищим порівняно зі звичайною

смолою вмістом речовин, нерозчинних в хіноліні процесом сухого гасіння коксу. Частина циркулюючого газу з цієї установки використовується для підігріву шихти.

При способі завантаження за допомогою вагону сушка і нагрівання шихти здійснюються в трубах - сушарках, а завантаження нагрітої шихти в камери коксування - за допомогою спеціального вуглезавантажувального вагона.

В вуглезавантажувальні вагони нагріта шихта надходить через ущільнюючі з'єднання між випускними клапанами бункерів для зберігання і бункерами вагона. Бункери вагонів з'єднані з промивальним скруберами, в яких вловлюється віднесений вугільний пил.

Відпрацьовані гази утворюються при завантаженні газів, що надходять в скрубер, де промиваються водою, яка подається під високим тиском через зрошувальні форсунки. Очищений газ випускають в атмосферу, а шлам повертають в шламосбірник.

При вагонному способі завантаження нагрітої шихти щільність її в камері коксування вище, ніж при інших методах завантаження. Однак при цьому збільшується маса вуглезавантажувального вагона і ускладнюється його конструкція [15].

Безперервні процеси отримання різних видів коксу

В останні роки особливу увагу приділяють розробці безперервних методів отримання доменного коксу, що пояснюється не тільки найбільшими масштабами його споживання, але і складністю технології його отримання.

З розгляду теорії процесу коксування можна сформулювати наступні основні принципи управління процесом отримання доменного коксу:

- безперервність процесу; поділ всього процесу на стадії, проведення яких має здійснюватися окремо і незалежно один від одного;
- можливість створення зовнішнього тиску на завантаження вугілля в стадії переходу його в пластичний стан і отримання в подальшому шматків коксу необхідних розмірів і форми;
- можливість зміни в широких межах основних параметрів процесу, що визначають оптимальні умови проведення, кожної стадії, з метою

отримання з вугілля даного типу твердих, рідких і газоподібних продуктів бажаної якості;

- роздільне відведення парогазових продуктів на кожній стадії процесу з метою максимального використання хімічного потенціалу вугілля;
- автоматичне регулювання кожної стадії процесу, що забезпечує високу продуктивність і поліпшення умов праці;
- можливість найбільш повного використання тепла продуктів коксування;
- апаратне оформлення процесу повинно забезпечувати виконання зазначених вище принципів і високі техніко-економічні показники всього процесу в цілому.

Запропоновані в даний час безперервні процеси коксування вугілля можна розділити на дві принципово різні групи: безперервне коксування вугілля без брикетування і отримання формованого (брикетованого) коксу. Отримання формованого коксу можна розділити на дві підгрупи: холодне брикетування із застосуванням сполучного і гаряче брикетування без застосування сполучного. У кожній підгрупі є методи, що розрізняються між собою рядом особливостей [16].

Всі розроблені безперервні методи отримання різних видів коксу знаходяться поки на стадії дослідно-промислової перевірки через многостадійність процесу і складне апаратне оформлення.

Найбільше число розроблюваних за кордоном процесів засноване на холодному брикетуванні шихти. В якості сировини в цих процесах використовуються в основному неспікливе або слабоспікливе вугілля. Однак якщо спікливість вугілля недостатня (наприклад, антрациту або худого вугілля), то до шихти додають спікливе вугілля, частка якого залежить від властивостей основного компонента. При використанні в якості основного компонента шихти вугілля з високим вмістом летких речовин (більш 30%) його піддають попередній термічній обробці. В якості сполучного при холодному брикетуванні застосовують або смолу зі стадії термічної обробки, або кам'яновугільний пек, причому частка сполучного в шихті становить 3-13%.

У процесах на основі гарячого брикетування використовують

двокомпонентні шихти. Як спікливі компоненти шихти в цих процесах можна застосовувати слабоспікливе вугілля з високим вмістом летких речовин, що володіють достатньою плинністю. Встановлено можливість застосування слабоспікливого вугілля при одночасній добавці пеку або смоли.

У більшості процесів виробництва формованого коксу, коксування брикетів здійснюється в потоці газоподібного або твердого теплоносія. Ці способи прямого нагріву в порівнянні з нагріванням через стінку мають наступні переваги: гнучкість, простота, висока продуктивність і безперервність процесу. Основний недолік цього способу полягає в утворенні низькосортних побічних продуктів у вигляді запилених смол і низькокалорійних газів і зниженні виходу коксу за рахунок чаду.

Як приклад гарячого брикетування в печах із зовнішнім обігрівом використовуються печі з похилим подом.

В стадії спікання і прожарювання формовок нагрівання їх слід вести з певною швидкістю, яка залежить від типу вугілля, що переробляється, і умов проведення перших трьох стадій. Загальна тривалість процесу становить 3-5 год, з яких на здійснення перших трьох стадій витрачається всього лише кілька хвилин.

На створеній дослідно-промисловій установці з різного вугілля і сумішей отримано міцний формований кокс, який був успішно випробуваний в промисловій доменній печі.

Вугілля в молотковій дробарці, подрібнене до розміру <3 мм (90-95%), через автодозатор і шнековий живильник поступає в цикл нагріву. Останній здійснюється в трьох- або чотиріступінчастому каскаді циклонів за допомогою газу-теплоносія, отриманого в окремій топці. Газ-теплоносій спочатку подають в третій по ходу вугілля циклон і далі він послідовно проходить від першого до третього циклонів. Відпрацьований газ-теплоносій з першого ступеня каскаду направляється в доочисний циклон для відділення пилу і нагнітачем подається в цикл для зниження температури газу-теплоносія, одержуваного в топці. Надмірна газ-теплоносій після доочистки від пилу викидають в атмосферу. Температура газу-теплоносія, що надходить в третю сходинку нагріву, становить 580-600 °C

Вугілля з циклону третього ступеня виходить при температурі 435-460 °C

(ця температура для кожного виду вугілля підтримується цілком певною, коливання допускаються не більше ніж на ± 5 °С) і через шлюзові камери надходить в прес-формувальну машину, де відбувається формування пластичної маси в виробі (формування) певних форми і розмірів [17].

Випробувані прес-формувальні машини різних типів: валковий-гусенична, двохшнекові, кільцева та ін. Формовки при 350-400 ° С пластинчастим конвеєром подаються в вертикальні безперервнодіючі печі з зовнішнім обігрівом, де нагріваються до температури 850-900 ° С. У нижній частині печі формування охолоджуються і через шибєрні розвантажувальні пристрої видаються на конвеєр.

Формований кокс, отриманий на цій установці, має досить хороші фізико-механічні властивості. Так, отриманий кокс мав наступні показники якості: M_{40} -89,9%, M_{10} - 6%, вміст шматків розміром 40-60 мм - 86%-й, був випробуваний в доменній печі.

Висока рівномірність гранулометричного складу покращує газопроникність насипних мас формованого коксу, а також покращує показники роботи доменних печей. Цей метод отримання формованого коксу найбільш повно відповідає, принципам безперервного коксування. Однак практичне здійснення цього методу отримання формованого коксу пов'язано з рядом труднощів в конструктивному вирішенні вузлів формування і прожарювання формовок. Питомі капітальні вкладення на будівництво таких установок поки ще вище питомих капітальних вкладень на будівництво коксових батарей.

Сутність безперервного методу коксування вугілля в кільцевих печах, розробленого в МХТІ ім. Д.І.Менделєєва, полягає в нагріванні до заданої температури щодо тонкого шару (50-200 мм) вугільного завантаження на рухомому поді кільцевої печі. Процес коксування за цим методом може бути розділений на три автоматично керованих стадії: стадія попереднього нагрівання вугілля; стадія спікання вугільного завантаження і утворення напівкоксу і стадія переходу напівкоксу в кокс [18].

При здійсненні другої стадії є можливість накладення зовнішнього тиску з отриманням шматків коксу певного розміру і форми.

Підведення тепла до завантаження здійснюється від нагрітого перекриття

печі або безпосередньо від продуктів горіння. Режим проведення кожної стадії коксування регулюється автоматично в широких межах і незалежно один від одного і забезпечує оптимальні умови проведення кожної стадії для даного типу вугілля і продуктів коксування бажаної якості.

Парогазові продукти коксування відводять окремо на кожній стадії процесу.

Обране апаратурне оформлення процесу коксування, простіше в порівнянні з існуючим методом коксування в камерних печах або запропонованих безперервних методів коксування, дозволяє в широких межах змінювати технологічні параметри процесу, наприклад швидкість термічної переробки матеріалу, кінцеву температуру його нагрівання, висоту шару завантаження, ступінь ущільнення і подрібнення завантаження та ін., а також дає можливість переробляти різне тверде та рідке сировину (тверді горючі копалини, пеки, нафтові залишки, суміші твердих і рідких продуктів, деревину та ін.) з метою отримання кінцевих продуктів заданої якості. Простота апаратурного оформлення обумовлена застосуванням кільцевої печі в якості основного агрегату.

Залежно від типу переробляється вугілля, бажаної якості і виду одержуваного коксу можливі різні варіанти процесу коксування, які дещо відрізняються апаратурним оформленням.

Отримання металургійного коксу можна здійснювати: а) за повною схемою, описаною вище, при переробці слабоспівного вугілля;

б) за простішою схемою переробки вугільних шихт зниженої або середньої співності. В цьому випадку волога або попередньо нагріта вугільна шихта з завантажувального бункера надходить на обертову подину і нагрівається в заданому режимі, що забезпечує оптимальні умови отримання з даної шихти металургійного коксу хорошої якості;

в) отримання коксобрикетів для доменного і ливарного виробництв з різних вугілля і їх сумішей шляхом прожарювання вугільних брикетів. Оскільки в кільцевій печі коксується порівняно тонкий шар завантаження на подині він, знаходиться в нерухомому стані, то брикети не піддаються механічним впливам і не руйнуються, а також не спікаються між собою і не утворюють конгломератів.

Для отримання недоменного коксу і хімічних продуктів коксування можна

використовувати газові слабоспівливе і довгополум'яне вугілля, а також буре вугілля і торф. Залежно від призначення твердих і рідких продуктів, одержуваних при термічній переробці палив, може бути виданий напівкокс або твердий залишок із заданим вмістом летких речовин. Вихід і якість летючих продуктів термічної переробки палив також може змінюватися в широких межах - від низькотемпературних продуктів напівкоксування до високотемпературних продуктів коксування, так як в залежності від температури підсклепінного простору і її розподілу по довжині кільця і місця відбору парогазових продуктів ступінь піролізу може змінюватися.

Перевагою безперервної термічної переробки вуглецевих матеріалів в кільцевої печі за методом МХТІ ім. Д.І.Менделєєва є можливість переробки різного вугілля (в тому числі слабоспівливого і неспівливого відкритого видобутку), отримання кінцевих продуктів заданої якості, значного збільшення продуктивності праці і поліпшення його умов [19].

До недоліків процесу слід віднести складність утилізації тепла відхідних продуктів горіння і важкі умови роботи футеровки подини.

4.2 Нові технології коксування вугілля

Природно, що експлуатація старих коксових батарей викликає зниження їх виробничої потужності, Підвищення експлуатаційних витрат, зниження якості коксу, погіршення умов праці обслуговуючий персоналу и збільшення шкідливих викидів в навколишнє середовище. У разі зносу и незадовільного стану коксохімічного устаткування питомі експлуатаційні витрати на 1 тону продукції зростають в 1,5-2 рази, витрати енергоресурсів зростають більш ніж в 1,7 рази, продуктивність праці зніжується в 1,8-2 рази.

Останнім часом у світовій коксохімії реалізуються результати багаторічних розробок за технологією виробництва коксу на батареях з печами великого обсягу.

Перевага камер великого обсягу є більш низькі капітальні витрати и експлуатаційні витрати, зниження навантаження на навколишнє середовище та

збільшення терміну служби печей.

Зниження капітальних витрат при переході на печі висотою 7,6 м досягається за рахунок зменшення числа батарей, скорочення виробничих площ і комплектів коксових машин. Для їх обслуговування потрібна менша чисельність персоналу, що сприяє оптимізації експлуатаційних витрат. Навіть більше 2 млн. т/рік коксу можна виробляти на двох коксових батареях з одним комплектом машин і однієї робочою бригадою, що переконливо демонструє коксохімічний завод Швельгерн. У довгостроковій перспективі можна розраховувати на збільшеній строк служби великовантажних батарей, що позитивно позначиться на собівартості коксу [20].

При використанні коксових печей великого об'єму поліпшується екологічна ситуація, що пов'язано з меншим числом видачі коксу і завантаження шихти на добу, а також з меншою протяжністю ущільнюючих стиків (люка, стояків, дверей та ін.). Все це значно зменшує ймовірність прямих викидів.

Великий крок в оптимізації екологічного навантаження від коксових батарей зроблений з розробки і впровадження системи PROven, яка дозволила знизити почти до нульового рівня шкідливі викиди коксових батарей, включаючи димові викиди при завантаженні.

Для скорочення витрат добреспіктивного вугілля і підвищення якості коксу все частіше застосовуються прогресивні технології, що дозволяють розширити сировинну базу коксування.

Найбільш вивченими технологіями коксування великої кількості слабоспіктивного вугілля в шихті є:

- термічна підготовка вугільної шихти;
- трамбування вугільної шихти перед коксуванням;
- часткове брикетування шихти;
- вибіркоче подрібнення шихти з пневматичною сепарацією;
- виробництво формованого коксу;
- безперервна коксування.

Вплив найпоширеніших способів підготовки вугільних шихт на поліпшення якості коксу (за других рівних умов) в порядку зростання: 1) звичайні способи

підготовки (ДШ, ДК, ДДК, ГДК); 2) вибіркове подрібнення з пневмосепарацією; 3) термічна підготовка вугільної шихти; 4) трамбування вугільної шихти.

4.2.1 Виробництво коксу за технологією SCOPE 21

Дана технологія виробництва коксу є однією з найпрогресивніших серед розроблених за останній час [21]. Концепція технології за проектом SCOPE 21 передбачає вирішення наступного завдання:

- ефективного використання вугільних ресурсів зі збільшенням частки неспікливого і слабоспікливого вугілля в шихті для коксування до 50%;
- підвищення продуктивності коксових печей з метою зниження капітальних витрат;
- ослаблення навантаження на навколишнє середовище і зменшення енергоспоживання.

Схема технологічного процесу виробництва коксу SCOPE 21 представлена на рис. 4.1.

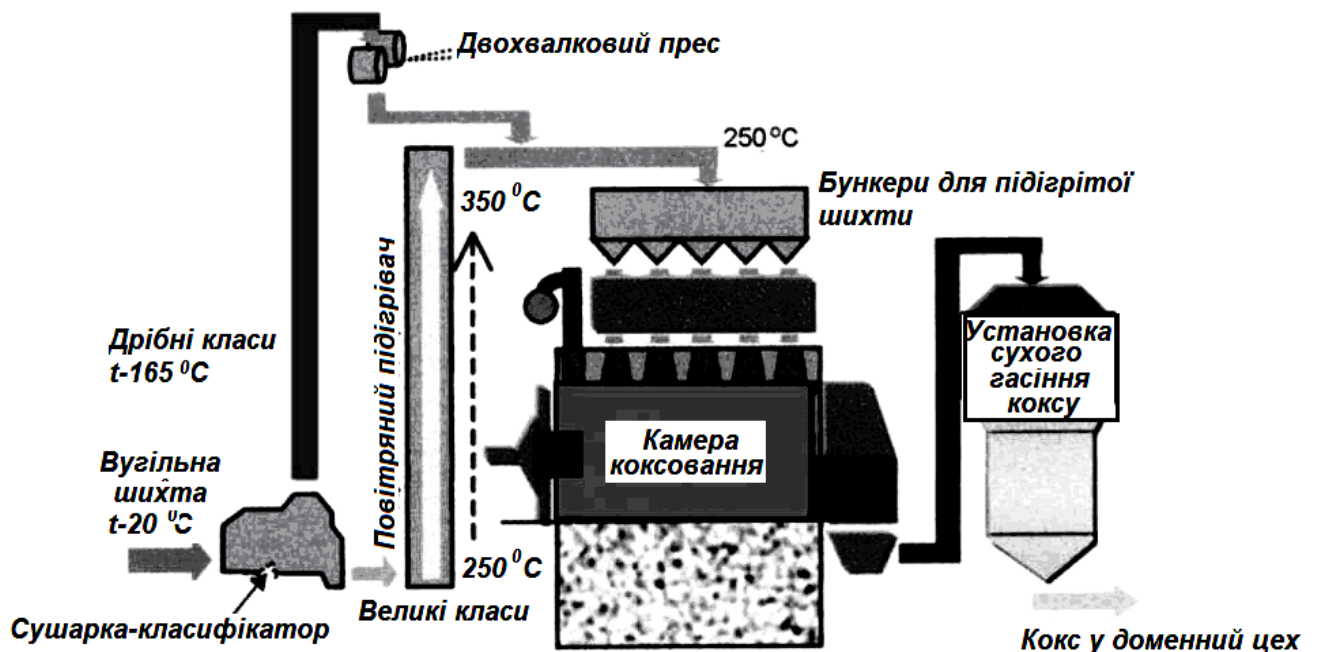


Рисунок 4.1 - Схема процесу отримання коксу за технологією SCOPE 21

Вугільна шихта піддається подрібненню до крупності менше 3 мм і надходить в сушарку-класифікатор, в якій відбувається сушка і поділ шихти на

два класи, дрібний та великий. Потім вугілля піддається швидкісному нагріву до 350 °С в трубчастих підігрівачах в потоці повітря. Дрібні класи вугілля з температурою ~ 160 °С після сушарки-класифікатора надходять в двохвалкові преси та піддаються гарячому брикетуванню, після чого об'єднуються з великими класами и завантажуються в коксових піч.

Коротка технічна характеристика коксової батареї з процесом SCOPE 21:

Число печей - 64;

Розміри печі (висота, довжина, ширина), м - 6,7 x 16,6 x 0,45;

Температура вугільного завантаження - 250 °С.

Технологічний процес має наступні головні відмінні риси:

- застосування швидкісного нагріву шихти дозволяє скоротити тривалість коксування, знизити витрати енергії на коксування и підвищити міцність коксу;

- на печах застосована система обігріву з малим викидом оксидів азоту (NO_x): використана схема з одноступінчастим підведенням газу и триступінчастим підведенням повітря в поєднанні з рециркуляцією продуктів згорання.

Нова технологія забезпечує можливість отримання з шихти з 50% участі слабоспівного вугілля коксу, міцність якого за показником DI15150 вище 84%, що визначає придатність одержуваного коксу для використання в доменній печі.

4.2.2 Коксування трамбованої вугільної шихти

Останнім часом найбільша кількість нових батарей вводиться в експлуатацію із застосуванням технології коксування трамбованої шихти. Дана технологія виробництва коксу є досить поширеною. Наприклад, в Китаї на сьогодні працюють більше 360 батарей із завантаження трамбованої шихти загальною потужністю понад 80 млн.т/рік коксу, що забезпечує економію 24 млн. т/рік коксівного вугілля [22].

Відповідно до технології вугільну шихту ущільнюють в трамбувальній камері з розмірами, дещо меншими, ніж розміри камери коксування, и завантажують на піддоні в коксову піч з машинної сторони. Трамбований

вугільний пиріг має щільність $1-1,15 \text{ т/м}^3$, що значно більше за густину шихти, що завантажується в печі насипом при традиційній технології ($0,75 \text{ т/м}^3$). Зазор між частинками вугілля в трамбованому завантаженні менше, а об'ємна щільність вища, що покращує взаємодію вугільних зерен при нагріванні і в підсумку спіклівість завантаження росте. У зв'язку з цим, в шихті можна збільшити частку слабоспікливого вугілля на 15-20% і отримати кокс більш високої якості.

Основні машини, що забезпечують роботу даної технології - трамбувальна - завантажувально-виштовхуюча машина (ТЗВМ) і машина з відсмоктування і спалювання газів завантаження (ОСЗГ).

ТЗВМ виконує наступні функції:

- зняття дверей з коксової печі, їх очищення і установку;
- очистку бічних поверхонь, рам і дзеркал рам;
- виштовхування готового коксового пирога;
- виготовлення трамбувального вугільного пирога;
- введення трамбувального вугільного пирога;
- видалення просипу вугілля, що накопичилося при трамбуванні вугільного пирога;
- прибирання та зачистку робочого майданчика від невеликих кількостей просипу і уламків вугілля і коксу зі скидання їх на транспорт;
- забезпечення можливості аварійного завершення: закінчення робочих операцій за допомогою допоміжних механізмів резервного або ручного приводу;
- підтримання позитивної температури для вугільної шихти в бункері машини і камері трамбування;
- очистку пода камери коксування при виштовхуванні коксу.

Швидкість пересування ТЗВМ - 70 м/хв , об'єм наповнення машинного бункера - 204 м^3 , що відповідає приблизно 163 т вугілля (достатньо для наповнення 4,5 печей); встановлена потужність трансформаторів - 3050 кВт ; потужність, споживаний машиною з опаленням узимку (40°C) - 21671 кВт/год , без опалення - 13550 кВт / год . Позитивна температура на машині в зимовий період підтримується кліматичними установками.

Відштовхуюча штанга і посадковий піддон обладнані спеціальними

дизельні установки для завершення операцій в аварійних випадки.

Машина ОСЗГ виконує операції по відсмоктуванню газів завантаження, їх допалу в камері згоряння, розведення зовнішнім повітрям и передачі через колектор бездимного завантаження на вентустановки. Машина обладнана механізмами очищення газовідвідної арматури від смоли та графіту. Обсяги відсмоктування: завантажувальний газ - за камерою згоряння - 21000 $\text{нм}^3/\text{рік}$, за кондиціонуванням - 51000 $\text{нм}^3/\text{рік}$ [23].

4.2.3 Технологія регулювання вологості вугільної шихти

Вологість вугілля - одна з властивостей, яке в порівнянні з іншими характеристиками шихти, легко піддається регулюванню. Вологість вугілля впливає на дробильність, насипну щільність, вантажно-транспортні операції. Природно, що коливання вологості шихти викликають необхідність регулювання режиму коксування. Крім того, чим більше вологи з шихтою вноситься, тим більше буде утворюватися води на підприємстві, яку необхідно очищати від шкідливих домішок. Для зниження вологості шихти застосовують попередню сушку, в результаті якої також поліпшується якість шихти і, як наслідок, коксу.

Технологія попереднього підсушування шихти (СМС, компанія «SAIL») передбачає часткове видалення вологи з вугільної шихти до рівня 5-6% з використанням тепла коксових печей або інших джерел тепла перед її завантаженням в коксову піч. Для підсушування шихти вугілля використовуються димові гази коксових печей, що скорочує викиди в навколишнє середовище CO_2 на $\sim 35,8$ кг на 1 т вугілля. При зниженні вологості шихти з 11 до 6% витрата тепла на коксування скорочується на 310 МДж/т сухого вугілля. Із застосуванням технології регулювання вологості зниження вмісту вологи шихти на 1% дозволяє зменшити витрату тепла на коксування на 62,0 МДж/т шихти сухої ваги.

Впровадження технології регулювання вологості шихти дозволяє підвищити щільність вугільного завантаження, зменшити тривалість коксування і підвищити продуктивність коксової печей на 7-11%. Постійна вологість вугільної шихти сприяє стабілізації роботи коксових печей і продовження терміну їх служби [24].

4.2.4 Процеси регулювання вологості і підсушування вугільної шихти з кускуванням її пилоподібних класів

З метою підвищення частки неспікливого і слабоспівного вугілля в шихті для коксування на фірмі «Nippon Steel» в 1992 р розробили і ввели в дію на заводі в Оіті нову технологію підготовки вугілля, яка отримала найменування DAPS (коксування попередньо підсушеної і окускованої шихти). Схема процесу в системі DAPS показана на рис. 4.2.

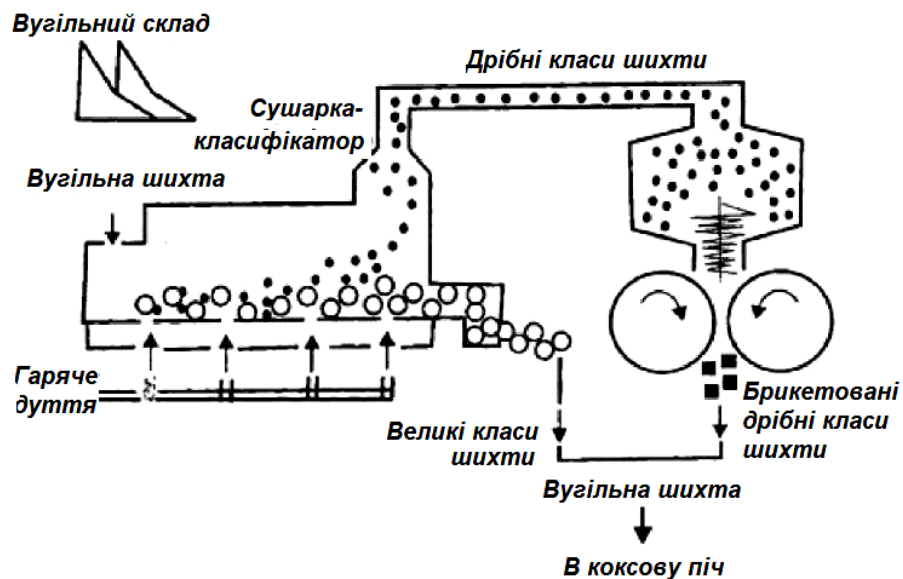


Рисунок 4.2 - Технологічна схема системи DAPS

За технологією вугілля піддається сушінню в сушарці з киплячим шаром, а на виході з сушарки класи вугілля менше 0,3 мм відокремлюються в циклоні, після чого піддаються брикетуванню. Вугільна шихта має вологість 2-4%. Масова частка окускованого дрібного вугілля становить близько 30% від всієї маси вугільного завантаження. Окусковане вугілля додають в масу вугілля більших класів і спільно завантажують в коксув. печі [25].

4.2.5 Контроль вогнетривкої кладки регенераторів коксувальної батареї

Старіння коксув. батарей проявляється не тільки в зносі стін камер коксування, а й в стані регенераторів. Для збільшення терміну служби коксув. батарей важливо своєчасно виявляти пошкодження елементів кладки і оперативно організувати ремонт. Стан стін, насадки і інших елементів кладки регенераторів

оцінюють візуально через оглядове вічко і за непрямими методами (за опору, температурному режиму та ін.). Точність оцінки ступеня пошкодження при такій діагностиці залишається вельми низькою, а виконання - трудомістким.

Для контролю стану регенераторів розроблено пристрій, схема якого представлена на рис. 4.3.

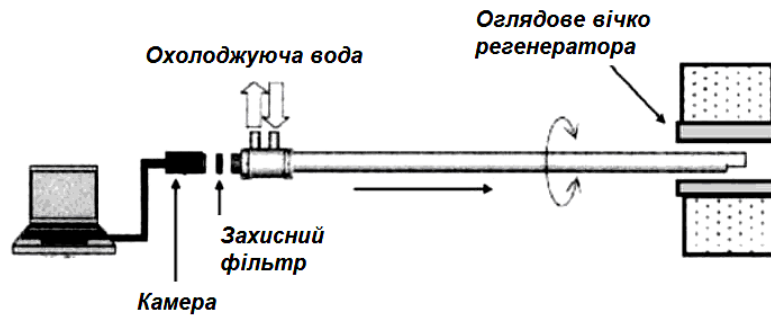


Рисунок 4.3 - Схема пристрою для контролю стану регенераторів

Пристрій являє собою порожню водоохолоджувальну штангу з об'єктивом на кінці, до якої приєднано захисний фільтр і відеокамера. Штангу вводять через оглядове вічко у верхній частині дзеркала регенератора і вивчають його внутрішній простір.

Характеристика пристрою контролю кладки регенераторів коксових батарей наступна:

Максимальна глибина спостереження - 1500 мм;

Максимальна довжина зонда - 1700 мм;

Маса зонда - 5 кг;

Діаметр зонда - 25 мм;

Максимальна температура - 1200 °С;

Максимальна тривалість спостереження - 20 хв.

Діаметр штанги дозволяє вводити її в регенератор через вічко регенератора і здійснювати спостереження без виконання спеціальних отворів в кладці регенераторів. Конструкція штанги забезпечує обертання об'єктива навколо осі, що підвищує ефективність і технологічність контролю. Ефективне водяне охолодження забезпечує відведення значної кількості тепла від зонда при знаходженні його в регенераторі і створює умови для тривалого спостереження з короткими, на кілька хвилин перервами [26].

4.2.6 Технологія коксування без уловлювання хімічних продуктів

Існують три випробуваних методи виробництва металургійного коксу: технологія з уловлювання побічних продуктів коксування, технологія з використанням тепла відхідних газів для виробництва електроенергії (технологія рекуперативного типу) і технологія виробництва коксу в вуликових печах без уловлювання хімічних продуктів. По суті, технологія рекуперативного типу є модифікацією технології вуликових печей, яка майже вже не використовується.

При рекуперативній технології виробництва коксу все летючі продукти спалюються в пічній камері для забезпечення процесу коксування теплом.

Печі коксування за даною технологією горизонтальні і знаходяться під невеликим розрідженням. В основному газ для горіння подається через порти в дверях і частково спалює утворюються летючі речовини в камері коксування. Додаткове повітря подається в вигнуті канали, які пролягають в днище печі. Конструкція каналів, а також контроль потоку повітря дозволяють балансувати швидкість коксування зверху і знизу. На рис. 4.3 показаний розріз батареї за даною технологією [27].

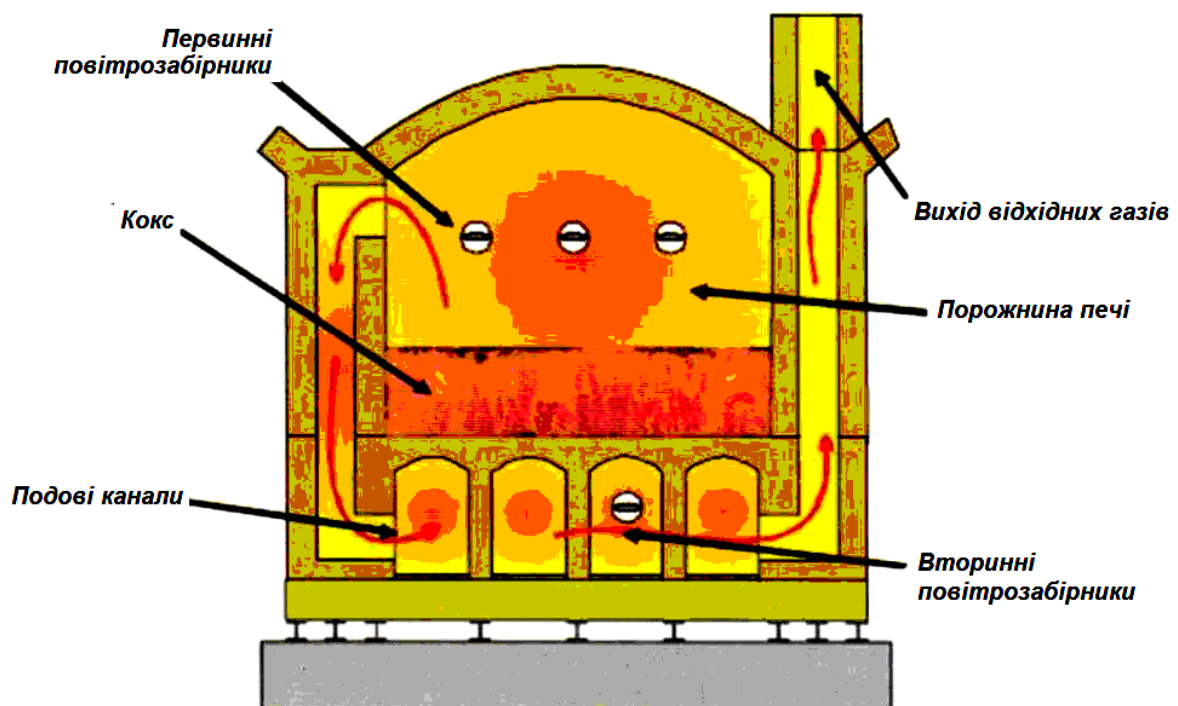


Рисунок 4.3 – Розріз печі рекуперативного типу

Гарячі газы проходзяць па тунелю для газів, што відходзяць да бойлернай устанавкі, на якой отрымуюць пар высокага тиску для выробніцтва электраенергіі або апалення. Всы токсичны гідрокарбонаты і побічны прадукты спалююцца всередині пічнай камеры. Охолоджены відпрацаваны газ очищуецца від сіркі вапняным молаком з отрыманням гіпсу, який, в асновному, выкарыстоуецца у выробніцтві будівельнай пліткі.

Печі будуюць з шамоту або дынасу. Кількість марок цеглы для печі - 15, витрата вогнетривкіх і ізоляцыйных матэрыялаў на адну піч - прыблізна 320 т. Печі армованы і встанавлены на бетонным фундаменці. Прадуктыўнасць - 26-28 т доменнага коксу за 48 годин. Збільшэння прадуктыўнасці можна дасягнуць, застасоўваючы трамбування шыхты. Пэрыяд коксування становіць 24 годины. Слід зазначыць, што за даною тэхналогіяю для размяшчэння пiдпрыемства птрэбна вялікая тэрыторыя.

Вугільна шыхта за тэхналогіяю без уловлявання хімічных прадуктаў коксування павінна валодзіць характэрыстыкамі, які наведзены в табл. 4.1.

З тачкі зору впливу на наваколішнэ сэрэдовишчэ тэхналогія выробніцтва коксу рекуператыўнага тыпу валодіць меншым впливам, ніж коксохімічны варыянт. З огляду на негатыўны тиск і спалювання летучых прадуктаў, тэхналогія выробніцтва коксу рекуператыўнага тыпу значна зніжуе выкіды токсичных газів. Конфігурацыя шару вугілля тааож забяспечуе значна меншы выкіды пилу. Агэнтства з захісту наваколішнэга сэрэдовишчэ США разглядае рекуператыўны працэс выробніцтва коксу як тэхналогію, яка дазваляе дасягнуць максымальнага кантролю тэхналогіі [28].

Табліца 4.1 - Власцівасці вугільнай шыхты за тэхналогіяю без уловлявання хімічных прадуктаў коксування (пiдпрыемства «Indiana Harbor»)

паказнік	максымум	мінімум
Выхід леткіх рэчывін на суху масу, %	30	22,5
Пов'язаны вуглець на суху масу, %	71	63
Зольнасць, %	6,8	6,4
Вміст сіркі, %	0,83	0,64
Вологісць, %	7,1	6,0
Коефіціент відбітця вітрініту (R_0),%	1,34	1,09

Розглянемо технології коксування без уловлювання хімічних продуктів на двох підприємствах - одному в США і одному в Китаї.

4.2.6.1 Технологія виробництва коксу компанії «Indiana Harbor Coke Company LTD»

На рис. 4.4 представлена принципова схема виробництва, продуктивністю 1,2 млн. т коксу на рік і 94 МВт електроенергії на підприємстві «Indiana Harbor Coke Company LTD».

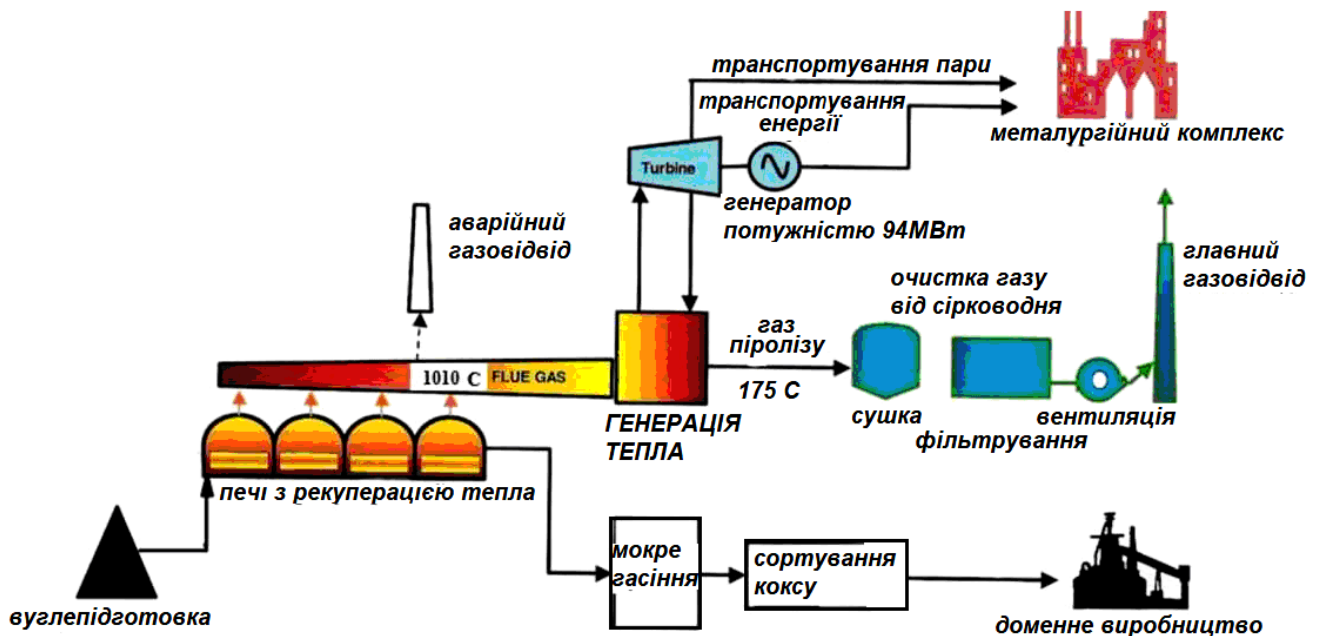


Рисунок 4.4 - Принципова схема виробництва коксу компанії «Indiana Harbor Coke Company LTD»

За даною схемою шихта з вуглепідготовки завантажується в печі, які об'єднані в 4 батареї (по 67 печей в кожній). Батареї скомпоновані в два блоки і розміщуються паралельно. Батарея обладнана конвеєром для подачі шихти, продуктивністю 1400 т/год, машиною завантаження-видачі, дверізнамальною машиною, коксонапрямним пристроєм, гасильним вагоном з локомотивом. Кожен блок батарей має вежу мокрого гасіння і рампу. Вузол сортування коксу на підприємстві один.

Вгорі кожної батареї розміщуються котли з трубами для аварійного скидання продуктів горіння в атмосферу. Печі працюють під розрядженням, і

тому викиди в процесі коксування відсутні.

Утворений газ із температурою близько 1000°C направляються в котел-утилізатор, і після віддачі тепла, очищається від сірководню. Котли входять до складу електростанції, поруч з якою розташовується вузол очищення продуктів горіння.

4.2.6.2 Технологія виробництва коксу компанії «Shanxi Sinochem Wonder Industries Company LTD»

Китай, як відомо, є найбільшим виробником коксу в світі. Для отримання коксу в Китаї досить широко використовується технологія коксування без уловлювання хімічних продуктів. За технологією компанії «Shanxi Sinochem Wonder Industries Company LTD» для коксування вугілля трамбують, для чого шари вугілля розподіляють в форми для трамбування. Глибина шару вугілля в формі для трамбування не повинна перевищувати 1100 мм. Вугілля в прес-формі трамбується до розмірів приблизно 1265x3300x1050 мм. Його щільність при цьому становить 1,1 г/см³.

Вугільний пиріг подається в спеціальну форму (трубу), яка транспортується до машинної сторони печі. Після видачі коксу, двері з коксової сторони закриваються, і форма разом з вугільним пирогом подається в піч. Як тільки форма займе необхідне положення, коксовиштовхувач притискає торцеву сторону пирога і форма відходить назад, а пиріг залишається на поду печі. Після цього коксовиштовхувач закриває двері з машинної сторони.

Продуктивність підприємства складає 1,33 млн. т коксу на рік, а електроенергії 60 МВт.

Необхідно відзначити, що як традиційне коксохімічне виробництво, так і технологія з батареями рекуперативного типу здатні виробляти кокс високої якості, достатньої для застосування в доменних печах високої продуктивності. Безліч різних факторів можуть вплинути на рішення про вибір технології, наприклад, розмір ділянки та доступність енергетичних ресурсів, конфігурація металургійних підприємств, споживачів енергії, проблеми захисту навколишнього середовища, вартість обладнання і, природно, термін окупності [29].

4.2.7 Новий продукт - замітник доменного коксу

Американська корпорація «United States Steel» освоєє нову запатентовану технологію компанії Carbonux, Inc (Плано, штат Техас) отримання нового продукту з вугілля, замість використовуваного в металургії коксу, одержуваного традиційним способом. Цей продукт отримав назву Cokonus (™) (коконікс).

Процес Carbonux спрямований на значне скорочення емісій і споживання енергії в порівнянні з традиційною технологією виробництва коксу або процесами виробництва коксу без уловлювання хімічних продуктів. Отримувані в цьому процесі газу будуть використовуватися на когенераційній установці.

Основною сировиною в даній технології є вугілля, змішане з іншими вуглецевими матеріалами. Після декількох реакцій отримують напівкристалічну вуглецеву структуру, придатну для використання у виробництві чавуну, сталі, мінералів.

Намічено будівництво чотирьох модулів по 250 тис.т/рік коконікса.

За технологією передбачається вугілля перед подачею у виробництво підсушувати і дробити. Кожен модуль повинен бути оснащений власною сушильною установкою і дробаркою з продуктивністю 50 т/год (операційна продуктивність складе 35 т/год). З штабелів вугілля за допомогою розвантажувача буде подаватися в один з бункерів-живильників, з якого стрічковим конвеєром - в сушарку. Вугілля сушиться повітрям, нагрівається газами, що відходять від поживних підсилюють реакторів (ПУР), описаних нижче. Продукти, що відходять від сушарок, очищаються в пилоочисному скрубєрі, а підсушене вугілля подається шнеком на дробарку. Підсушене подрібнене вугілля скребковим конвеєром подається в один з силосів проміжного складу.

З підсушеного і дробленого вугілля готується суміш (в певній пропорції), яка подається на перший агрегат - ПУР, який забезпечує перший ступінь в процесі синтезу сплаву, оскільки з сировини видаляються певні органічні елементи. Газу, які утворюються в ПУР, мають значну кількість залишкового тепла, і повертаються в цикл для допалювання, що забезпечує необхідною тепловою енергією як ПУР, так і сушарки вугілля. Продукти горіння відсмоктуються через теплообмінник «повітря-повітря» (що забезпечує теплом сушарку вугілля), а потім проходять через скрубєр і тканинний фільтр для очищення від SO₂ і

зважених часток відповідно перед їх скиданням в атмосферу.

Резервним джерелом для забезпечення процесу тепловою енергією є природний газ. Він же використовується при запуску системи.

Кожна з двох ліній СЛ8Р матиме два реактора ПУР, тобто чотири на один модуль, з максимальною проектною продуктивністю 6 т/год і нормальною операційною - 5 т/год. Продукт, який отримують на кожному реакторі, званий «Carbogec» (карборек), охолоджується, агрегується, дробиться і передається на силос складу.

З силосу продукт Carbogec передається на змішання з підсушеним вугіллям та іншими добавками, що забезпечують вимоги до продукту. Отримана суміш подається в форми (сутунки), які вантажаться на трансферкари і подаються в реактор для остаточної обробки - реактор плавлення (синтезу) частинок (РПЧ), який являє собою тунельну піч з різними зонами, в яких відбуваються кілька реакцій, що перетворюють продукт Carbogec в напівкристалічний вуглецевий сплав Сокопух.

Об'єкт матиме два паралельно працюючих реактора РПЧ на один модуль (на одну виробничу лінію СЛ8Р). Кожен реактор розрахований на виробництво 20 т/год коконікса з 30 т/год карборека і надходить вугілля. Нормальними експлуатаційними показниками реактора є виробництво 16 т/год коконікса з 23 т/год карборека.

Після реактора синтезу РПЧ коконікс охолоджується водою за допомогою зрошення і розділяється на класи по крупності згідно з технічними умовами. Готовий продукт від обох виробничих ліній СЛ8Р буде зберігатися в штабелях на відкритому складі, звідки буде відвантажуватися на баржі або залізничні вагони.

Гази, що відходять від ПУР, повертаються в цикл для спалювання з метою забезпечення теплом, необхідним для процесу утворення сплаву в реакторі плавлення (синтезу) РПЧ. Спочатку вони проходять вузол спалювання з низьким NO_x запобігає емісії СО і летючих органічних компонентів. На всіх стадіях процесу передбачається використання в якості резервного палива природного газу. Гази, що скидаються з систем утилізації тепла в атмосферу, очищаються в скрубєрі і тканинному фільтрі.

Когенераційна система буде включена до складу підприємства. При її реалізації скидні гази після вузла горіння будуть подаватися в систему генерації пари, в якій залишкове тепло утилізується в теплообміннику і одержуваний пар буде подаватися на парову турбину для виробництва електроенергії.

Отримана електроенергія буде використовуватися на підприємстві, а її надлишок буде передаватися в мережу або третій стороні. Когенераційна система буде мати два парових генератора, один з них для реактора синтезу і одну когенераційну турбину на модуль. Потужність когенераційної установки складе приблизно 20-25 МВт на модуль.

Технологія Соконух передбачає використання в якості сировини суміші різного вугілля (наприклад, енергетичного і антрациту) і отримання за допомогою синтезу нової вуглецевої сплавленої структури, що має такі ж властивості, як і кокс, отриманий з металургійного вугілля. З суміші вугілля з використанням сполучного отримують «зелені» брикети, що нагадують деревне вугілля, які потім піддаються нагріванню з метою видалення з них летких хімічних речовин і отримання твердого матеріалу, здатного утримати стовп шихти в доменній печі.

Механізм передачі тепла в даній технології відрізняється від існуючого процесу виробництва коксу. У РПЧ горіння відбувається в зоні, відокремленої від сировини, і продукти горіння нагрівають перегородку, що відокремлює дві зони. Опрацьований матеріал не контактує безпосередньо з перегородкою, а нагрівається теплом, випромінюваних перегородкою. Розробники технології вважають, що таке рішення забезпечує більшу ефективність теплопередачі для запропонованого перепаду температур і менша витрата тепла в порівнянні з традиційною технологією коксування.

На відміну від традиційної системи коксування процес Карбонікс є безперервним. Побічні газоподібні продукти коксування використовуються в процесі як джерело тепла. Так як для охолодження продукту потрібна невелика кількість води, для даної технології характерно невелика кількість скидної води (або навіть її відсутність).

Перший модуль виробництва коконікса на металургійному заводі в Гері введений в експлуатацію в жовтні 2012 р [30].

ВИСНОВКИ

1. В роботі розглянута структура коксохімічного виробництва, яка включає загальні цеха: вуглепідготовчий цех, коксовий цех, цех вловлювання хімічних продуктів коксування, цех по очищенню газу від сірчистих сполук, цех ректифікації сирого бензолу, смолоперегінний цех, пекококсний цех, а також допоміжні цехи коксохімічного виробництва.

2. До допоміжних цехів відносяться ремонтно-механічний цех (ділянка), спеціалізований цех з ремонту коксохімічного обладнання та інші відділення і ділянки, зайняті ремонтом обладнання та виготовленням запасних частин. Підлеглі головному енергетику цехи - паросиловий і ТЕЦ, цехи електроремонтний, водопостачання і каналізації, КВП і автоматики ділянки зв'язку та інші.

В ході виконання роботи було розраховано матеріальний баланс коксування, цехи вуглепідготовчого та коксового призначення.

3. Спільне застосування трамбування шихти і сухого гасіння дозволяють отримати кокс з більш високими міцностними характеристиками, що відповідають вимогам ведення доменного процесу із застосуванням ПВП.

4. Введення в шихту **отощаючих** добавок (коксний дріб'язок, пил УСТК і УБК), з одного боку, дозволяє розширити сировинну базу коксування, а з іншого - утилізувати згадані продукти.

5. Введення добавок в певних кількостях (в більшості випадків - до 1% від маси шихти) дозволяє впливати на процеси, що протікають на стадії пластичного стану, для поліпшення характеристик міцності властивостей коксу і збільшення виходу його великих класів, що особливо актуально при виробництві ливарного коксу.

6. Необхідно враховувати, що застосування деяких із запропонованих добавок існує низка складнощів як економічного, так і технічного характеру. Дуже суттєва і проблема їх введення в шихту, яка до сих пір, незважаючи на запропоновані змішувальні пристрої та технології, не має оптимального рішення.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Харлампович Г. Д., Кауфман А. А. Технология коксохимического производства. Москва : Металлургия, 1995. 384 с.
2. Буряк П.Г., Найденов Ю.Д.; Стадниченко И.Ф.; Постернак С.С. Справочник коксохимика. том 4. Москва: Металлургия, 1966. 39 с.
3. Мейксон Л. В., Шварц С. А. Производство кокса. Москва: Металлургия, 1955. 394 .
4. Ильин В.Ф., Егоров В.М. Проектирование и расчет углекоксового блока коксохимического предприятия. Учеб. пособие. Днепропетровск: НМетАУ, 1999. 84 с.
5. Зашквара В. Г., Дюканов А. Г. Подготовка углей к коксованию. Москва : Металлургия, 1981. 59с.
6. Иванов Е. Б., Мучник Д. А. Технология производства кокса. Киев : Вища школа, 1976. 232 с.
7. Лейбович Р. Е., Яковлева Е.И., Филатов А. Б. Технология коксохимического производства. Москва : Металлургия, 1982. 359 с.
8. Давидзон Р.И. Мастер установки сухого тушения кокса. Москва : Металлургия, 1980. 123 с.
9. Коробчанский И. Е., Кузнецов М. Д. Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. Москва : Металлургия, 1972. 296 с.
10. Химическая технология твердых горючих ископаемых: учебник для вузов / под ред. Харламкович Г.Д. Москва : Химия, 1986. 496 с.
11. Глущенко И.М. Теоретические основы технологии горючих ископаемых: учебник для вузов. Москва : Металлургия, 1990. 296 с.
12. Ярошенко Ю.Г. Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии черной металлургии: учеб. пособие. Екатеринбург: ООО «УИПЦ», 2012. 670 с.
13. Ярошевский С.Л. Резервы эффективности комбинированного дутья в доменных цехах Украины / Познание процессов доменной плавки. Днепропетровск: Пороги, 2006. С. 366-378.
14. Прогноз горячей прочности (CSR) и реакционной способности (CRI) кокса /

Е.А. Буланов, В.Н. Зайнутдинов, В.Я Кузнецов, Л.А. Зиновьева // Кокс и химия. 2005. №5. С. 23-26.

15. Взаимосвязь реакционноспособных свойств кокса с петрографическими показателями угольной шихты и параметрами коксования / А.Е. Базегский, А.Д.Рябиченко, И.А. Кудашкин, А. С. Станкевич / Кокс и химия. 2001. №7. С. 15-19.

16. Модель прогноза качественных характеристик металлургического кокса на основе химико-петрографических параметров угольных шихт и параметров коксования / А.Е. Базегский, А.Д. Рябиченко, Ф.З. Хамидулин, Б.Ф. Пьянов, А. С. Станкевич / Кокс и химия. 2002. №9. С. 15-22.

17. Модель прогноза показателей CSR и CRI кокса на основе химико-петрографических параметров угольных шихт и условий их коксования / А. С. Станкевич, Р.Р. Гиллязетдинов, Н.К. Попова, Д.А. Кошмаров / Кокс и химия. 2008. №9. С. 37-44.

18. Мирошниченко Д.В., Улановский М.Л. Реакционная способность кокса: способы измерения и факторы влияния (Обзор) / Кокс и химия. 2004. №5. С. 21-31.

19. Улановский М.Л., Мирошниченко Д.В. Влияние минеральных компонентов углей на качество кокса по показателям CRI и CSR / Кокс и химия. 2007. №4. С. 19-24.

20. Улановский М.И., Мирошниченко Д.В. Сера углей и ее влияние на качество и расход кокса в доменной печи / Кокс и химия. 2008. №2. С. 24-30.

21. Мирошниченко Д.В. Использование показателей физических свойств золы углей для предварительной оценки CRI та CSR кокса / Кокс и химия. 2008. №11. С. 29-33.

22. Улановский М.Л. К выбору параметров оптимизации качества кокса по показателям CRI та CSR / Кокс и химия. 2009. №1. С. 12-16.

23. Золотухин Ю.А., Андрейчиков Н.С., Куколев Я.Б. Требования к качеству кокса для доменных печей, работающих с различным удельным расходом пылеугольного топлива / Кокс и химия. 2009. № 3. С. 25-31.

24. Рыщенко А.И., Шульга И.В., Мирошниченко Д.В., Шмалько В.М. Влияние

свойств углей на реакционную способность и послереакционную прочность кокса / Углекимический журнал. 2009. № 5-6. С. 17-22.

25. Давидзон О.Р. Наукове обґрунтування раціонального використання низько відновленого вугілля Донбасу для виробництва високоякісного коксу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.17.07 «Хімічна технологія палива і паливно-мастильних матеріалів» / Олексій Романович Давидзон. Харків: УХІН, 2008. 20 с.

26. Русьянова Н.Д. Углекимия. М.: Наука, 2000. 316 с.

27. Донской Д.Ф., Скляр М.Г. Оценка нефтяных спекающих добавок как компонента угольной шихты для коксования / Кокс и химия. 1993. № 2. С. 7-9.

28. Гладун Т.Г., Гагарин С.Г., Нешин Ю.И., Фомин А.П. О формировании физико-химических и спекающихся свойств нефтяных добавок / Кокс и химия. 1994. № 5. С. 16-20.

29. Трифанов В.Н., Горшков П.Г., Беяничев А.Н. Особенности производства кокса из угольной шихты с участием органических добавок / Кокс и химия. 2007. № 6. С. 23-31.

30. Луазон Р., Фош П., Буайе А. Кокс: пер. с франц. М.: Металлургия, 1975. 520 с.