

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій
Кафедра хімічних технологій та хімічного машинобудування

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

(підпис) **Є. І. Збиковський**
(ініціали, прізвище)

« ____ » _____ 2021 р.

Випускна кваліфікаційна робота
магістра

на тему Удосконалення технології сухого гасіння коксу

Виконала: студентка _____ 2 _____ курсу, групи ХТм-20
(шифр групи)

спеціальності 161 Хімічні технологія та інженерія

(шифр і назва спеціальності)

Рябко Д.О.
(прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Керівник _____
доц. каф. ХТ, д.т.н., доц. Збиковський Є.І.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) _____
(підпис)

Нормоконтроль:

І.І. Швець
(підпис)

(дата)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Покровськ – 2021 р.

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Факультет машинобудування, електроінженерії та хімічних технологій

Кафедра хімічних технологій та хімічного машинобудування

Освітній ступінь Магістр

Спеціальність 161 Хімічні технологія та інженерія

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПМІ

_____ / Є. І. Збиковський /

« _____ » _____ 2021 року

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Рябко Дарії Олександрівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технології сухого гасіння коксу

керівник роботи Збиковський Євген Іванович, д.т.н., доцент

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

затверджені наказом від « 22 » вересня 20 21 року № 570

2. Строк подання студентом роботи 7 грудня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи результати переддипломної практики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1) аналіз літератури з питань технології сухого гасіння коксу; 2) розрахунок установки сухого гасіння коксу;

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) робота містить 5 таблиць, 3 рисунка та інший графічний матеріал, у кількості, достатній для демонстрації результатів кваліфікаційної роботи

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтролер	доц. Швець Ігор Іванович	29.09.2021	
ТБ	Сімонова Юлія		

7. Дата видачі завдання 4 жовтня 2021 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз проблемної області	04.10.2021-14.10.2021	
2	Дослідження інформації з різних джерел	15.10.2021-01.11.2021	
3	Розрахунки математичного балансу	02.11.2021-17.11.2021	
4	Ознайомлення з документації по охороні праці на коксохімічних підприємствах	18.11.2021-25.11.2021	
5	Оформлення пояснювальної записки та опис створеної системи. Проходження нормоконтролю	26.11.2021-02.12.2021	
6	Перевірка пояснювальної записки антиплагіатною системою. Оформлення презентації до роботи, графічного матеріалу та рецензування роботи	03.12.2021-17.12.2021	
7	Захист роботи	21.12.21	

Студент

(підпис)

Рябко Д. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Збиковський Є. І.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Рябко Дарія Олександрівна. Розробка удосконалення технології сухого гасіння коксу / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 161 Хімічні технології та інженерія. – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

Дану випускну кваліфікаційну роботу присвячено аналізу та впровадженню удосконаленого гасіння коксу шляхом зменшення умов експлуатації установок сухого гасіння та зменшення часу охолодження коксу.

Мета – вибір оптимальних підходів для удосконалення технології тушіння коксу, яка дозволяє підвищити його ефективність.

Об'єкт дослідження – установка сухого гасіння коксу.

Задачею є дослідження архітектури та принципів роботи установки тушіння коксу, дослідження технології сухого гасіння коксу та шляхи її вдосконалення, проведення аналізу основних конструкцій та їх особливості.

Результатом проведених досліджень та етапу проектування і розробки настільного застосунку є автоматизована система шифрування повідомлень користувачів на основі деревовидних машин парності.

Ключові слова: кокс, коксова піч, коксова батарея, коксовий газ, охолодження.

ABSTRACT

Dariia Riabko. Development of improvement of dry coke quenching technology / Graduation qualification work for the degree of "master" in the specialty 161 Chemical technology and engineering. - SHEI DonNTU, Pokrovsk, 2021.

This final qualifying work is devoted to the analysis and implementation of advanced coke quenching by reducing the operating conditions of dry quenching plants and reducing the cooling time of coke.

The goal is to choose the best approaches to improve coke quenching technology, which can increase its efficiency.

The object of research is the installation of dry coke quenching.

The task is to study the architecture and principles of the coke quenching plant, to study the technology of dry coke quenching and ways to improve it, to analyze the basic structures and their features.

The result of the research and the stage of designing and developing a desktop application is an automated system for encrypting user messages based on tree-like parity machines.

Keywords: coke, coke oven, coke battery, coke oven gas, cooling.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів	8
Вступ.....	9
Розділ 1 Аналіз літератури з питань технології сухого гасіння коксу	10
1.1 Технологічна схема, принцип роботи та коефіцієнт корисної дії процесу сухого гасіння коксу	10
1.2 Аналіз основних конструкцій, їх особливості, переваги та недоліки	17
1.3 Обґрунтування вибору сухого гасіння	24
1.4 Експлуатація та вдосконалення роботи установки сухого гасіння коксу	27
1.5 Розробка конструкції нового розподільчого пристрою для УСГК	29
1.6 Дослідження структури потоку коксу при застосуванні нового розподільчого пристрою	32
1.7 Дослідження впливу введення та відведення охолоджуючого газу на розподіл швидкостей у моделі камери сухого гасіння коксу.....	44
1.8 Висновки за розділом	47
Розділ 2 Розрахунок установки сухого гасіння коксу	49
2.1 Розрахунок матеріального балансу коксування	49
2.1.1 Прихідна частина балансу	53
2.1.2 Витратна частина балансу	54
2.2 Розрахунок кількості коксових камер і основного устаткування.....	59
2.3 Екологія та енергозбереження в коксовому цеху з установкою сухого гасіння коксу	65
2.4 Висновки за розділом	67
Висновки	68
Список використаної літератури	69
Додаток А Зауваження нормоконтролера	71
Додаток Б Охорона праці на коксохімічних підприємствах	72
Б.1 Вплив коксохімічного виробництва на навколишнє середовище.....	72

Б.2 Правила безпеки в хімічних цехах	73
Б.3 Охорона праці в коксових цехах.....	77
Б.4 Пекококсіві цехи.....	90
Б.5 Встановлення сухого гасіння коксу і встановлення сухого гасіння і прокалювання пекового коксу.....	91

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

УСГК – установка сухого гасіння коксу

ВПЦ – вуглепідготовий цех

КХВ – коксохімічне виробництво

ПУТ – пилевугільне палива

ВСТУП

Через дефіцит енергетичних ресурсів в Україні розвиток і дослідження техніки сухого гасіння коксу набуває більшої актуальності. Широке застосування цього процесу в коксохімічній промисловості дозволить зменшити витрату природного газу та інших джерел енергії в металургійній галузі, значно покращити екологічне становище в промислових центрах і умови праці на коксохімічних підприємствах, скоротити втрати від корозії обладнання та підвищити якість коксу. Проте установки сухого гасіння коксу (УСГК), що наразі використовуються на коксохімічних заводах, мають великі конструктивні недоліки, які знижують ефективність використання фізичного коксу і надійність роботи, а також вимагають значних витрат на ремонт та експлуатацію. Тому в багатьох країнах зараз ведеться робота по вдосконаленню техніки і технології сухого гасіння коксу.

Вже існуючі установки, які експлуатуються в даний час, мають резерв підвищення технічних характеристик. Окрім того, є також альтернативні варіанти розвитку процесу, які за принципом відрізняються від існуючих та діючих промислових УСГК: контактне охолодження коксу та охолодження коксу за рахунок хімічних реакцій.

Метою роботи було, спираючись на теоретичне вивчення процесу сухого гасіння коксу, розробити спосіб удосконалення цього процесу, який дозволить знизити умови експлуатації УСГК та дозволить зменшити час охолодження коксу.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЛІТУРАТУРИ З ПИТАНЬ ТЕХНОЛОГІЇ СУХОГО ГАСІННЯ КОКСУ

Вперше метод сухого гасіння коксу було запропоновано в 1917 р. Г. Виндерлихом. Того ж року брати Зульцер заявили у Винтертуре про перший патент. Перша установка, працююча за способом братів, була сконструйована в 1919-1920 рр. на коксогазовому заводі в Цюріху (Швейцарія), вона мала продуктивність 27 т/добу [1].

За час розвитку процесу сухого гасіння було створено значна кількість конструкцій УСГК, але ні одна не забезпечувала економічно вигідного способу усунення ряду технологічних та технічних недоліків.

На даний момент часу УСГК різних конструкцій і різної ефективності застосовуються в багатьох країнах світу. Перші місця в цій області займають проектні організації в США, Німеччині, Україні та Японії.

1.1 Технологічна схема, принцип роботи та коефіцієнт корисної дії процесу сухого гасіння коксу

Під час роботи камер УСГК при гасіння коксу газом, що циркулює в замкнутій системі, утворюються надлишкові об'єми газу, які через «холодну» свічку скидаються в атмосферу [2]. Регулятор установки на свічку забезпечує гідравлічний режим роботи камери. Для забезпечення мінімізації викидів пилу в атмосферу при завантаженні камери коксом при відкритті кришки завантажувального пристрою в камері зберігання (передній камері) створюється розрідження. У цьому випадку додаткова кількість кисню з повітрям надходить в циркулюючий газ через відкритий люк завантажувального пристрою. Під час роботи УСГК для нейтралізації надлишку теплоносія, зниження вмісту горючих компонентів в циркулюючому газі конструктор УСГК [2] рекомендує подавати повітря в

кільцевий канал камери гасіння. З киснем у повітрі окис вуглецю (CO), що міститься в циркулюючому газі, окислюється до вуглекислого газу (CO₂). Останній багаторазово, проходячи через шар розжареного коксу (1000-1100 °C), відновлюється до CO, тобто процес повторюється.

В результаті підсмоктування повітря в газовий тракт, при нещільності елементів блоку камера-котел, під час операції завантаження коксу в камеру, допалюванні CO циркулюючого газу в кільцевому каналі камери УСГК безперервно утворюються надлишки циркулюючого газу-теплоносія. Одночасно з газом викидається значна кількість коксового пилу, що циркулює в газовому тракті. За рахунок хімічних реакцій, що відбуваються на поверхні коксу в камері, виникають втрати коксу (чад).

При походженні даних хімічних реакцій газифікується та розпушується поверхня коксу, погіршуються його фізико-хімічні та механічні властивості.

Дані процеси, що неминуче відбуваються при експлуатації УСГК, знижують ефективність технології «сухого» гасіння і переводять його до розряду основних джерел викидів у коксохімічному виробництві.

Відомий спосіб гасіння коксу з утилізацією надлишкових газів УСГК шляхом подачі в газопровід прямого коксового газу [2]. Цей спосіб утилізації було запропоновано Державним всесоюзним інститутом з проектування підприємств коксохімічної промисловості «Гіпрококс» для ВАТ «НТМК» у 1988 році. На блоці камера-котел №7 було змонтовано дослідну установку, на якій передбачено очищення надлишкового теплоносія від пилу та передачу в газопровід прямого коксового газу.

Недоліками такого способу є:

1. Прогнозоване збільшення щільності суміші коксового газу та надлишкового циркулюючого газу.
2. Необхідність збільшення потужностей цеху з переробки хімічних продуктів коксування.
3. Значне зниження калорійності суміші газів щодо коксового газу.

4. Зниження рівня безпеки процесу переробки ГПК через наявність кисню (O_2) у надлишковому теплоносії.

Відома установка та спосіб гасіння коксу з утилізацією надлишкового газу в котлі-утилізаторі [3].

Установка сухого гасіння коксу містить: камеру гасіння коксу, систему циркулюючого охолоджувального агента, що включає котел-утилізатор, в якому охолодний агент піддається термічній дії та вловлюється тепло охолоджуючого газу.

Особливістю відомої УСГК і втіленого в ній способу є те, що надлишок циркулюючого газу відводиться додатковий котел-утилізатор, в якому надлишковий обсяг охолоджуючого агента піддається термічній обробці з подальшою утилізацією тепла відхідних газів при спалюванні окису вуглецю в суміші.

Недоліками УСГК та реалізованого в ній способу є:

1. Примусове відведення циркуляційного газу з тракту, підсмоктування повітря в систему циркуляції з розвантажувального пристрою.

2. При відведенні та спалюванні надлишкового теплоносія потрібне додаткове підведення висококалорійного теплоносія.

3. При спалюванні та знешкодженні CO у надлишковому газі утворюється додаткова кількість газів, що скидаються.

4. Складність апаратурного оформлення (спалювання-утилізація тепла) систем регулювання.

Основним завданням винаходу є удосконалення способу сухого гасіння коксу, що дозволяє знизити шкідливі викиди в навколишнє середовище, знизити чад (втрати) коксу при його охолодженні, підвищити його механічні, фізико-хімічні властивості, утилізувати газ надлишкового охолоджуючого агента.

Зазначена мета досягається тим, що у відомому способі сухого гасіння коксу в циркуляційному газі підтримується максимально допустимий вміст CO , що дозволяє застосувати надлишковий газ як паливо в металургійному

виробництві. Через відсутність скидання надлишкового газу атмосферу, необхідності спалювання СО в циркуляційному газі до певних меж знижуються втрати (чад) коксу.

При реалізації способу сухого гасіння у відомій УСГК, що складається з камери гасіння, системи завантаження та вивантаження коксу, системи циркуляції охолоджуючого агента, системи відведення надлишкового газу охолоджуючого агента, згідно заявленого способу надлишковий газ, відібраний зі свічки димососа, очищають від пилу, у газопровід доменного (бідного) газу.

Технічний результат, що досягається при здійсненні винаходу, полягає у підвищенні ефективності УСГК за рахунок:

1. Зниження чаду (втрат) коксу при охолодженні за рахунок зниження обсягу повітря, що подається в кільцевий канал для зменшення вмісту СО в газі.
2. Зниження шкідливих викидів під час використання УСГК.
3. Зниження впливу охолоджуючого агента на фізико-хімічні та механічні властивості коксу.
4. Можливості застосування надлишкового циркуляційного газу як джерела теплової та хімічної енергії.

Вплив газу на властивості коксу узгоджується з кількістю кисню повітря, що надходить у газовий тракт, та взаємодією у зоні реакції - циркуляційного газу та гарячого коксу. Кисень та вуглекислий газ реагують на сильно розвиненій поверхні коксу, глибоко проникаючи всередину шматка і послаблюючи його структуру, зменшуючи товщину стінок пор та каналів матеріалу коксу [4]. При багаторазовій циркуляції газів і дотику його з вуглицем коксу вміст СО збільшується. Протягом певного часу при забезпеченні герметичності системи встановлюється рівновага, що характеризується константою - K_p [5].

У приватному варіанті виконання способу сухого гасіння коксу, за наявності на УСГК декількох блоків камера-котел, газ збирається в колектор,

може збагачуватися паливом (коковим або природним газом), бути підданий додатковому очищенню і накопичуватися в газгольдері.

Порівняльний аналіз з прототипом дозволяє зробити висновок, що спосіб сухого гасіння коксу, що заявляється, відрізняється тим, що при відведенні надлишкового охолоджуючого агента з системи циркуляції газу УСГК в газопровід доменного газу реалізується можливість зниження чаду (втрат) і поліпшення якісних показників коксу.

Отже, заявлене технічне рішення відповідає критерію «новизна». Аналіз відомих технічних рішень (аналогів) досліджуваної області, тобто. металургії, дозволяє зробити висновок про відсутність у них ознак, подібних до істотних відмітних ознак у заявленому способі сухого гасіння коксу, і визнати заявляється рішення відповідним критерію «істотні відмінності».

Установка сухого гасіння коксу, що складається з одного блоку (моноблок), зображена на рис. 1.1. Установка містить: камеру гасіння 1, камеру накопичення гарячого коксу 2, пилоосаджувальний бункер 4, котел-утилізатор 5, циклони 6, димосос 7, скидну свічку 8 з регулятором 9, датчик тиску в камері накопичувачі 10, пневмотранспорт видалення пилу 11, скидної свічки, пилоочисне обладнання 13, нагнітач 14 для передачі надлишкового газу, завантажувальний пристрій 15, розвантажувальний пристрій 16.

Враховуючи, що зазвичай установка сухого гасіння коксу представлена декількома блоками камера-котел, на рис. 1.2 зображена схема багатоблочної УСГК, згідно з якою блоки 3, через пилоочисне обладнання 13, регулятори тиску 9 об'єднують і передають надлишковий газ колектор 17, через регулятор 18 підтримки позитивного тиску в колекторі, газовий нагнітач 14, додаткове обладнання для очищення газу від пилу 19 (сухе або мокре очищення). Газ передається до газопроводу доменного (бідного) газу 20.

В окремому варіанті виконання способу сухого гасіння коксу для накопичення можлива установка газгольдера 21, для стабілізації калорійності надлишкового газу установка калориметра 23 і подачі додаткового газу (кокового або природного) 22.

Робота заявляється способу сухого гасіння коксу (див. рис. 1.1) здійснюється в такий спосіб. Кокс, що видається з коксових печей у вагон за допомогою підйомника (на кресленні не показано), піднімається і вивантажується через завантажувальний пристрій 15 в камеру накопичення коксу 2, у міру вивантаження коксу з розвантажувального пристрою 16 кокс з камери накопичення 2 опускається в камеру гасіння 1. При цьому охолодний агент (циркулюючий газ) за допомогою димососа 7, через дуття пристрій камери (на кресленні не показано) під тиском подається в камеру. У міру руху знизу нагору назустріч потоку коксу газ нагрівається до температури 750-800°C. При виході з камери, при проходженні газу через пилоосаджувальний бункер 4, відокремлюється коксовий пил і дрібниця, потім газ надходить у котел-утилізатор 5, де відбувається його охолодження, потім у циклонах 6 відбувається остаточне відділення пилу (дрібні фракції), димососом 7 повертається в нижню частину камери гасіння. Видалення пилу від пилоосаджувального бункера 4 і циклонів 6 здійснюється пневмотранспортом 11. Надмірна кількість газу через свічку 8 після димососа 7, потрапляє в додаткове пилоочисне обладнання 13. Регулювання кількості надлишкового охолоджуючого агента, що відводиться в газопровід доменного газу, здійснюється регулятором. і) відсікається від повідомлення з атмосферою клапаном запірним 12. Газ збирається в колекторі 17 (див. Фіг.2). Для забезпечення безпеки процесу регулятором 18 колекторі підтримується позитивний тиск. Потім за допомогою нагнітача 14 газ передається на додаткове очищення від пилу 19 (суху або мокру), потім - газопровід доменного газу 20 для подальшого використання на металургійному майданчику або майданчику коксохімічного виробництва (обігрів коксових печей).

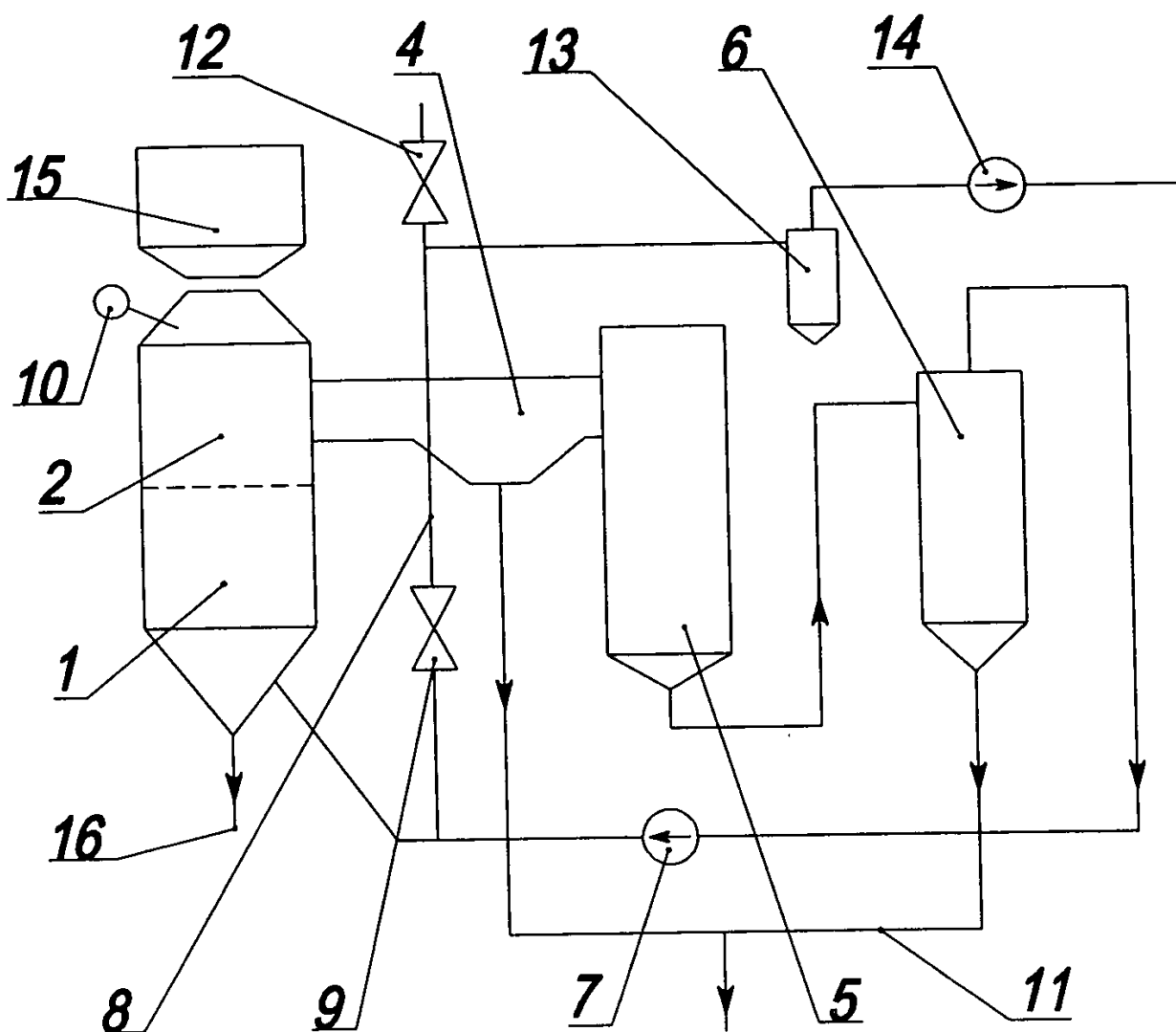


Рисунок 1.1 – Схема УСГК

У окремому варіанті газ накопичується в газгольдері 21, для стабілізації калорійності надлишкового теплоносія в газопровід підводиться паливо 22 з більш високою калорійністю (коковий або природний газ), калорійність суміші контролюється калориметром 23.

Застосування даного способу сухого гасіння коксу дозволить значною мірою збільшити ефективність технології УСТК за рахунок зниження чаду коксу, підвищення його механічних та фізико-хімічних властивостей, усунути викиди шкідливих компонентів циркулюючого газу – пилу, СО.

Спосіб сухого гасіння коксу, що включає завантаження коксу в камеру гасіння коксу, розвантажувальний пристрій для вивантаження коксу, очистку

циркулює охолоджуючого агента, який відрізняється тим, що надлишковий циркуляційний газ, відведений через свічку дутьового пристрою, очищають від пилу і далі трубопроводом передають в газопровід доменного газу.

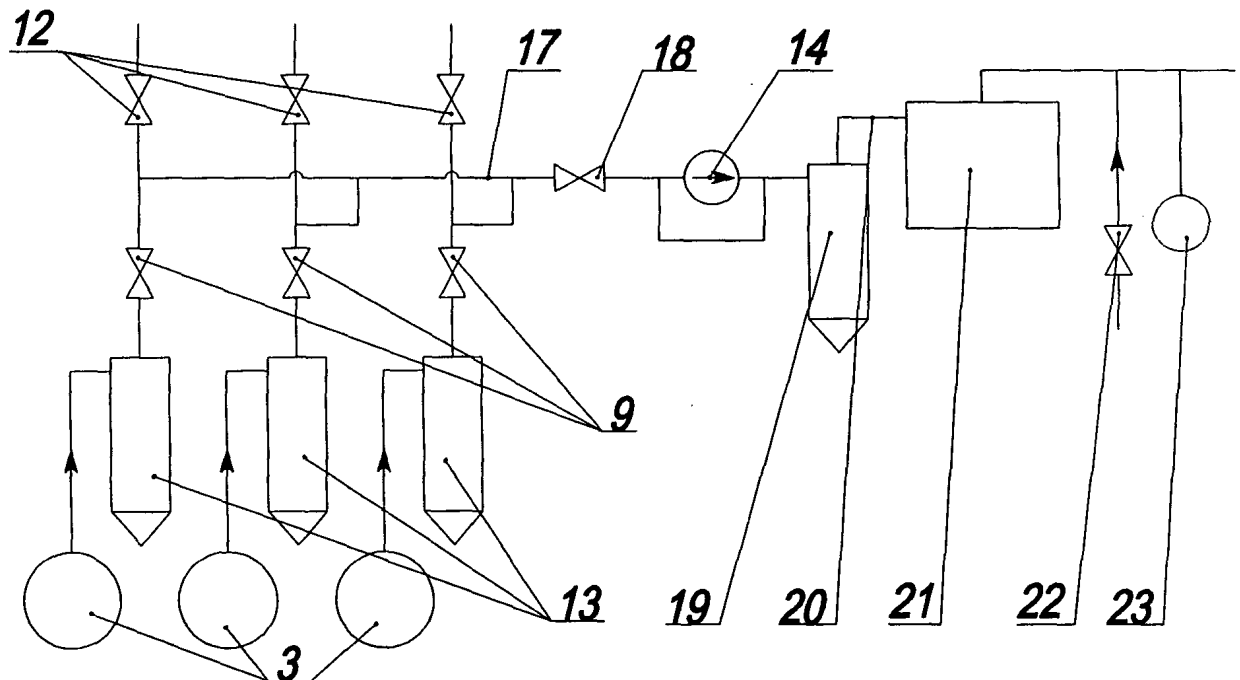


Схема многоблочной установки сухого тушения кокса
Фиг. 2

Рисунок 1.2 – Схема багатоблокової УСГК

1.2 Аналіз основних конструкцій, їх особливості, переваги та недоліки
Установки сухого гасіння коксу можна поділяти за наступними ознаками.

За способом відведення тепла:

а) малореакційним циркулюючим газом - при цьому в камері гасіння через коксовий засип проходить газ, склад якого близький до складу паливних газів(в літературі частіше цей газ називають інертним, що помилково, тому що циркулюючий газ в невеликій мірі реагує з вуглецем коксу (внаслідок реакції утворюється так званий «чад коксу»), тобто не є інертним (нереакційноздатним);

б) опалювальними газами - доменним, коксівним, природним, генераторним;

в) парою і гарячою водою під тиском;

г) контактним охолодженням за рахунок тепловипромінювання розжареного коксу;

За конструктивним оформленням:

а) багатокамерні з малими камерами гасіння - при цьому способі кожна камера гасіння обслуговує не більше 3-4 печей;

б) камерні бункерного типу підземного і надземного розташування;

в) камерні бункерного типу з накопиченням гарячого коксу у форкамері, система ДПРОКОКСа;

г) контейнерні - кокс вивантажується в спеціальні контейнери, які потім прямують в спеціальні камери гасіння;

За тепловим режимом:

а) установки, в яких охолодження коксу здійснюється в нерухомому шарі при нестаціонарному тепловому режимі;

б) установки з рухомим шаром коксу при сталому температурному режимі.

Остання класифікаційна ознака представляється найбільш теоретично обґрунтованою, загальною і чіткою, тому в подальшому викладі матеріалу спиратимемося саме на нього.

УСГК з нестаціонарним режимом.

Основною перевагою установок цього типу є відсутність повторного перевантаження гарячого коксу, оскільки гасіння коксу здійснюється в камерах (чи контейнерах), в які кокс вивантажується безпосередньо з коксових печей. Це призводить до зниження чаду коксу і викидів шкідливих речовин в атмосферу, кокс не випробовує додаткових механічних навантажень при перевантаженнях.

Типовим прикладом першої групи є УСГК фірми "Зульцер" з гасильним об'ємом у вигляді камери, в яку періодично поміщають спеціальний

контейнер, заповнений гарячим коксом, що видається з однієї коксової печі [2]. Камера сполучена трубопроводами з котлом-утилізатором і димососом, за допомогою якого через шар коксу продуваються інертні гази. Після охолодження коксу контейнер розвантажується і знову транспортується до видаваної камери коксування. Така УСГК, звана контейнерно-камерною, відрізняється складністю підключення і відключення подачі інертного газу в камеру гасіння при кожному введенні і виведенні контейнера з коксом, труднощами герметизації системи, нестабільністю параметрів отримуваної в котлі-утилізаторі пари, у зв'язку з чим багато фахівців вважають безперспективним її використання в коксохімічній промисловості. Подібні установки експлуатувалися в основному на швейцарських газових заводах, що мають низьку продуктивність.

Надзвичайно велика для цього типу установка була споруджена на заводі р. Альфортвиле (Франція) [3]. Вона обслуговувала п'ять коксових батарей, в кожній з якої знаходилося по 15 печей системи "Копперс" з разовим завантаженням 15 т вугілля.

До контейнерних УСГК можна також віднести установки жаротрубного і димогарного типу. Головна їх відмінність від традиційних контейнерних установок являє собою виконання гасильного об'єму камери у вигляді парової труби великого котла. На деяких установках гасильний об'єм виконаний так, що теплообмін здійснюється виключно радіацією тепла від розжареного коксу до поверхні нагріву котла, при цьому відсутні вентилятор і циркуляційні канали. Кокс охолоджується поступово від зовнішніх шарів до внутрішніх. УСГК подібного типу знаходили обмежене застосування на газових заводах невеликої продуктивності [4].

Фірмою "Коллін" розроблена багатокамерна УСГК, примикає безпосередньо до коксової батареї з коксового боку [1]. Похилі гасильні камери розраховані на прийом коксу від двох-чотирьох печей. У камери кокс подається з коксової печі за допомогою направляючого вагону, забезпеченого спеціальними поворотними бічними щитами, через завантажувальний отвір.

Декілька камер гасіння мають центральну котельну установку і димосос. Інертний газ проходить через ступінчасті решітки гасильної камери в шар коксу і далі прямує в парогенераторну установку. Час гасіння коксу складає приблизно одну третину періоду коксування. До 1940 р. установки фірми "Коллін" діяли на газових заводах в Стейлибриджі (Англія), в Килі (Німеччина), на коксохімічному заводі в Преторії (сучасна ЮАР) [4].

У НДР в Шварце-Пумпе був споруджений досить великий коксохімічний завод з багатокамерними УСГК для сухого гасіння коксу з буровугільних брикетів [5]. Використання технології фірми "Коллін" для цих цілей було обумовлене наступними міркуваннями. Мокре гасіння металургійного коксу, отриманого з бурого вугілля, призводить до перезволоження коксу і зниження його міцності. Крім того кокс з буровугільних брикетів має високу реакційну здатність, тому, в уникнення значного чаду і погіршення фізико-механічних властивостей коксу, його перебування на відкритому повітрі має бути строго обмежене, такий кокс потрібно охолоджувати до температури не вище 110 °С. Цим вимогам задовольняли багатокамерні УСГК.

Основним недоліком багатокамерної УСГК є те, що при виході з ладу якої-небудь камери гасіння необхідно припиняти видачу коксу з усіх обслуговуваних нею коксових печей. Велика кількість пристроїв по підключенню і відключенню камер гасіння ускладнює герметизацію системи і погіршує умови експлуатації такої УСГК. Внаслідок поганої герметизації системи спостерігалися значні просмоктування холодного повітря в розгалуженій мережі димарів, розташованих під землею, внаслідок чого втрачається тепло - температура гарячого газу не перевищує 500 - 600 °С - і відбувається значний "чад" коксу.

Оригінальне рішення проблеми сухого гасіння коксу запропоновано Волнянським М. Л. стосовно коксових печей із завантаженням трамбованої шихти [6]. Суть його полягає в тому, що кожна коксова піч забезпечена камерою гасіння, камери коксування, що є продовженням, і що має такі ж

розміри. У стінках камери гасіння є канали, по яких циркулює агент, що охолоджує. Після закінчення коксування гарячий кокс виштовхується в камеру гасіння, а камера коксування заповнюється свіжим вугіллям. При виштовхуванні чергового коксового пирога охолоджений кокс висипається з камери гасіння через шлюзові затвори на конвеєр.

Простішим і надійнішим представляється рішення, запропоноване фірмою США "Kress corp" [5]. За цим способом видача коксу з печі виробляється в сталевий контейнер, ідентичний за формою і розмірам камері коксування і встановлений на автомобільній платформі. Після зняття дверей з коксової печі контейнер центрується по осі печі, потім відкриваються ковзаючі двері типу гільйотини, і контейнер автоматично ущільнюється у печі за допомогою металевих пластинчатих ущільнювачів. У міру просування гарячого коксового пирога з камери коксування виробляється зрошування контейнера водою. Після закінчення видачі коксу і видалення виштовхуючої штанги з печі ковзаючі двері контейнера закриваються і виробляються автоматичне ущільнення контейнера за допомогою водонаповненого ущільнення з еластомера.

Заповнений коксом контейнер переводиться потім від печі до гасильної станції, де він перекочується по роликах з платформи на багатокамерний стелаж. Процес охолодження коксу водою, що стікає по герметичних стінках контейнера, триває до тих пір, поки температура коксу не знизиться нижче за температуру його займання (приблизно 2,5 години). Потім контейнер з охолодженим коксом знову перевантажується на автомобільну платформу і транспортується до модифікованої коксової рампи. Платформа нахиляє контейнер до рампи для полегшення сходу коксу, а ущільнюючі двері запобігають викидам пилу в атмосферу. Порожній контейнер повертається для прийому коксу з чергової печі, яку було розвантажено.

Основною перевагою такої системи видачі і охолодження коксу автори вважають можливість отримання абсолютно сухого коксу. Завдяки м'якому режиму охолодження і відсутності проміжних перевантажень покращуються

структурні і властивості міцності коксу, скорочуються втрати від подрібнення. Повністю усуваються викиди в атмосферу від видачі до сортування коксу. Фізичне тепло коксу передається водоохолоджуваним стінкам контейнера і може легко утилізувати для виробничих цілей.

В цілому, установки з нестационарним режимом охолодження коксу є періодичними й їм властивий один з головних недоліків періодичних установок в порівнянні з безперервними: простої під час завантаження і видачі, що зменшує їх продуктивність. Багато в чому внаслідок періодичності для усіх установок цього типу характерні низькі і нестабільні параметри теплоносія отримуваного в результаті утилізації тепла розжареного коксу теплоносія.

Крім того, для контейнерних і камерних УСГК з циркуляцією газу характерні громіздкість, трудність герметизації камер із-за значної протяжності газових ходів і великого числа пристроїв для підключення і відключення камер гасіння, значні чад коксу і викиди в довкілля, важкі умови експлуатації, низька міра використання тепла коксу.

Як наслідок усіх цих недоліків камерні і контейнерні УСГК практично не отримали подальшого розвитку і переважна більшість сучасних розробок відносяться до камер із стаціонарним тепловим режимом (і передусім до бункерних УСГК) різної конструкції.

УСГК зі стаціонарним режимом і конвективним охолодженням.

УСГК з рухомим шаром коксу (зі стаціонарним тепловим режимом) набули переважного поширення в промисловості.

Уперше цей тип УСГК був запропонований фірмою "Зульцер". За цим способом розжарений кокс виштовхується у вагон, в якому транспортується до бункерної надземною УСГК і тут піднімається до рівня перекриття камери. Після фіксації вагону в заданому положенні і відкриття затвора камери кокс розвантажується в камеру гасіння, де охолоджується шляхом відведення теплоти інертним циркулюючим газом. Час перебування коксу в камері 3-4 години. Інертний газ, що нагнітається в камеру гасіння газодувкою, передає

теплоту, відібрану у коксу, в котел-утилізатор для отримання пари і знову повертається в камеру через розподільний газохід, який повинен забезпечувати рівномірний розподіл газу в шарі коксу. У перших установках коксовий пил уловлювався тільки у віддільнику дрібного пилу для захисту газодувки від абразивного зносу. Охолоджений кокс розвантажується через шлюзову систему, після чого віддаляється відповідними транспортними пристроями [11].

Такі установки будували в багатьох країнах, але особливо широко в Швейцарії. Дві установки, побудовані за базовим проектом, були закриті лише в 1978 р., більш ніж через 40 років експлуатації : на коксохімічному заводі "Омекур" у Франції (1925 р.) і на заводі в Дегенхемі в Англії (1934 р.).

До основних недоліків бункерних установок фірми "Зульцер" відносяться коливання вироблення пари із-за періодичності завантаження гарячого коксу в гасильну камеру. Оскільки при цьому способі гасіння відведення теплоти можна регулювати тільки шляхом зміни кількості циркулюючого газу, коливання компенсуються в обмеженому об'ємі [3].

Спосіб ДПРОКОКСа заснований на технології фірми "Зульцер", по якій гарячий кокс завантажується у вертикальну циліндричну камеру, де продувається висхідним потоком інертного газу, безперервно циркулюючого в системі камера гасіння - котел-утилізатор [1]. Відмітною особливістю УСГК ДПРОКОКСа є наявність у верхній частині камери гасіння передкамери, призначеної для вирівнювання коливань подачі коксу [2]. У передкамері кокс знаходиться 30-40 хв., в камері гасіння 2-3 години. Циркулюючий газ з температурою 180-200°C подається димососом через розподільні канали конусної частини камери і газорозподільний пристрій, розташований по осі камери гасіння. Пройшовши шар коксу заввишки 4,5-5 м, газ нагрівається до 700-800 °C і поступає в котел-утилізатор. Вивантаження охолодженого коксу виробляється порціями 1,3-1,6 т за допомогою розвантажувального пристрою, що працює автоматично з частотою 1-1,5 хв.

В цілому УСГК ДІПРОКОКСа вважаються одним з найвдаліших варіантів конструктивного оформлення процесу сухого гасіння коксу. Вони набули переважного поширення у світі. УСГК ДІПРОКОКСа були побудовані по ліцензіях в Японії, Німеччині, Англії, Бразилії, Китаї, Індії, Пакистані, Угорщині та інших країнах.

В той же час в процесі експлуатації виявилися і істотні недоліки цих установок, а саме:

- а) велика металоємність і вартість із-за надмірної висоти установки;
- б) нерівномірний розподіл потоків коксу і газу із-за великого перерізу камери, що обумовлює нерівномірне охолодження коксу і зниження інтенсивності процесу;
- в) значне віднесення коксового пилу із-за великої швидкості газу в кільцевому збірному каналі камери гасіння і, як наслідок, швидкий ерозійний знос циклонів і труб парового котла;
- г) значний гідравлічний опір системи (450-500 мм рт. ст.) і велика витрата електроенергії на циркуляція газів;
- г) громіздкість завантажувального і розвантажувального пристроїв і трудність герметизації камери;
- д) забруднення довкілля пилом і газом-теплоносієм, що містить значні кількості монооксиду вуглецю;
- е) втрати коксу через взаємодію розжареного коксу з окислювальними компонентами (CO_2 , H_2O , O_2) циркулюючого газу, наявність яких в основному обумовлюється підсосами повітря на ділянці розрядки газового тракту, допалюванням циркулюючого газу, попаданням водяної пари через "свищі" труб котла-утилізатора;
- є) вибухонебезпека і токсичність циркулюючого газу.

1.3 Обґрунтування вибору сухого гасіння

Великі недоліки мокрого гасіння коксу стали потужним стимулом до створення принципово нового способу сухого охолодження продукту

коксування, що має низку дуже значних переваг. Принципова схема УСГК, розробленої Гіпрококсом і коментар до неї, дозволяють отримати уявлення про процес та показники охолодження розпеченого коксу інертним газом.

Сухе гасіння коксу має такі еколого-економічні переваги:

- а) відсутність викидів отруйної паро-газопилової суміші в атмосферне повітря;
- б) відсутність стоків забруднених токсичних вод у систему оборотного водопостачання;
- в) використання великої кількості тепла кокса, що охолоджується, для виробництва пари високих параметрів;
- г) значне покращення якості коксу: зниження від 3-5 до 0,3-0,4% вологості, стабілізація її рівня, підвищення міцності, покращення гранулометричного складу коксу.

Кокс сухого, уповільненого охолодження має значно меншу тріщинуватість, має підвищену міцність при барабанному випробуванні: вихід класів більше 25мм (показник M_{25}) збільшується від 86 до 92%, а показник стираності M_{10} покращується від 7,9% до 6,9%.

Недоліки сухого гасіння зводяться до двох основних, перший з яких стосується накопичення в газі, що циркулює, горючих складових - CO , H_2 і CH_4 . Відбувається це в результаті: окиснення вуглецю коксу за реакціями $\text{C} + \text{CO}_2 = 2\text{CO} - Q$ (3.6) та $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2 - Q$; виділення летких коксу (H_2 , CH_4); підсмоктування зовнішнього повітря, через що можливе горіння коксу по реакціях $\text{C} + 0,5\text{O}_2 = \text{CO} + Q$ (3.8) і $\text{C} + \text{O}_2 = \text{CO}_2 + Q$; попадання в систему охолодження коксу води та пари з котла-утилізатора з розвитком ендотермічної реакції $\text{C} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO} + \text{H}_2 - Q$. У результаті циркулюючому газі вміст горючих компонентів може досягати, %: CO 20-25, H_2 6-15; CH_4 1-3. За наявності такого охолоджуючого газу можливі вибухи (бавовни) та отруєння обслуговуючого персоналу.

Другий, пов'язаний з першим, негативний фактор сухого гасіння - чад коксу, що становить від 0,5 до 1,6% від його маси, залежно від вмісту в

охолодженню газу кисню, ступеня готовності коксу (наявності недопека), ступеня допалювання горючих газів у верхній частині камери охолодження та ін. факторів. Значно зменшується чад коксу при використанні як циркуляційний газ технічного азоту, але такий варіант охолодження найчастіше є нереальним. Оскільки у більшості випадків практики циркуляційний газ отримують з атмосферного повітря з коригуванням складу газу добавками азоту або спалюванням горючих складових, вихід охолодженого валового коксу з згаданих причин виходить менше, ніж при мокрому гасінні, в середньому на 0,5-0,7%.

В цілому сухе гасіння має безперечні енергозберігаючі та екологічні переваги. Шкідливі викиди стадії охолодження коксу усуваються на 80-90%. Економічна ефективність забезпечується утилізацією тепла коксу, крім того, за рахунок поліпшення якості коксу, питома його витрата при виплавці чавуну, за даними досліджень, знижується на 2,3% (11 кг/т чавуну). Капітальні витрати спорудження установок сухого гасіння і експлуатаційні витрати за її застосуванні значно перевищують аналогічні витрати на установки мокрого гасіння. Проте установки сухого гасіння окупаються лише за 3-4 роки за нормативу для об'єктів чорної металургії 7 років.

У результаті слід підкреслити, що незважаючи на переваги УСГК, у багатьох випадках вітчизняної практики мокре гасіння продовжують використовувати як основний або резервний варіант охолодження коксу. Так, на Авдіївському коксохімічному заводі на восьми батареях, залежно від ритмічності збуту продукції, змін періодів коксування та інших обставин застосовують мокре або сухе гасіння коксу. В останні роки установки мокрого гасіння істотно модернізували, застосували імпульсне зрошення коксу тонкорозпиленою водою, охолодження кузова гасіння вагону знизу, відведення паро-газопилової суміші в атмосферу через дифузотно-конфузотно витяжну трубу, виготовлену, як і вся установка. І все-таки, основний курс перетворення коксохімічного виробництва - повне виведення з експлуатації установок мокрого гасіння коксу.

Оскільки розглядається процес сухого гасіння та можливості підвищення його ефективності, слід зазначити, що збільшення тривалості гасіння у відомих рішеннях УСГК вимагає або подовження періоду коксування, або будівництва додаткових установок сухого гасіння. Обидва шляхи пов'язані з додатковими капітальними витратами і тому небажані.

1.4 Експлуатація та вдосконалення роботи установки сухого гасіння коксу

Враховуючи те, що установки сухого гасіння коксу були введені в експлуатацію в різний час і мають термін служби від 12 до 34 років, наразі стає актуальним питання реконструкції та модернізації. Для вирішення цих проблем ДІПРОКОКС спільно з науково-дослідними інститутами та проектними організаціями на основі передового досвіду розробив низку нових технічних рішень, які можуть підвищити техніко-економічний рівень наявних об'єктів. Нові технічні розробки пройшли успішну промислову апробацію та рекомендовані до впровадження всіх установках сухого гасіння коксу. Основні з них:

- а) ефективна система без пилу завантаження розпеченого коксу в камери сухого гасіння;
- б) система знепилення гашеного коксу перед подачею коксу на установки, що просіюють;
- в) система утилізації надлишкових циркулюючих газів, що дозволяє повністю виключити їхній викид в атмосферу;
- г) система автоматичної стабілізації складу циркулюючого газу;
- г) димососи, оснащені двигунами з регульованою частотою обертання, що дозволяють в залежності від режиму роботи зменшити енергоспоживання (рис. 1.3).

Розроблено нову технологію контактного методу гасіння коксу, яка відрізняється тим, що відведення тепла від коксу (його охолодження) відбувається в камері з вбудованими в неї поверхнями нагріву, розміщеними

за спеціальною схемою [11]. В установці не використовуються циркулюючі гази для гасіння коксу, тому відпадає необхідність у будівництві окремого котла-утилізатора, вентилятора для циркуляції інертного газу, пиловловлювача та циклонів [11]. Це значно знижує споживання енергії та капітальні витрати. Для забезпечення стабільної температури перегріву пари передбачено встановлення виносних централізованих пароперегрівачів.

При цьому міцність коксу, загартованого контактним методом сухого загартування, в порівнянні з міцністю коксу, загартованого мокрим способом, збільшилася на 2%, а ступінь зношування знизилася на 1% [11]. Пара, що виробляється в охолодних трубчастих балках, також є комерційним продуктом. При використанні нового способу гасіння коксу скорочуються викиди шкідливих речовин в атмосферу.

Таким чином, використання методу контактного гасіння дозволяє утилізувати тепло розжареного коксу; знизити викиди в атмосферу, покращити якість коксу, знизити питомі капітальні та експлуатаційні витрати, покращити умови праці обслуговуючого персоналу.

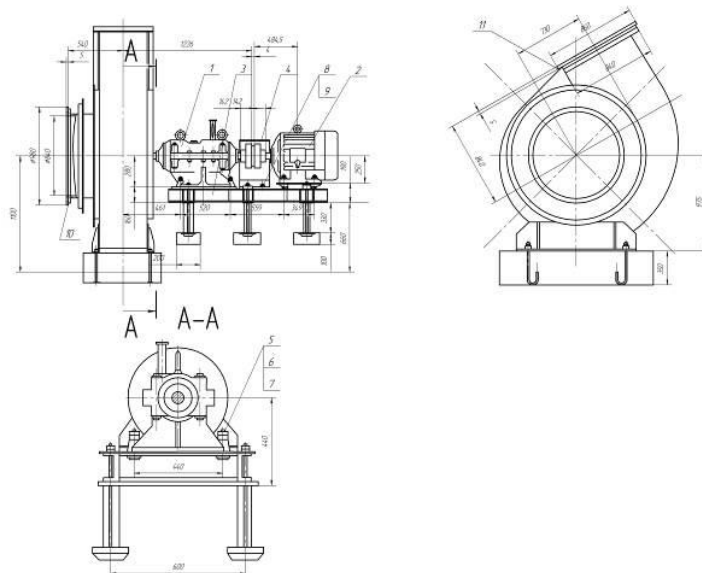


Рисунок 1.3 – Схема димососа Д-12

1 - димосос; 2 - електродвигун; 3 - рама; 4 - огорожа муфти; 5 - болт M24; 6 - гайка M24; 7 - шайба 24; 8 - болт M10; 9 - гайка M10; 10 - кільце; 11 - рамка

1.5 Розробка конструкції нового розподільчого пристрою для УСГК

Суше гасіння коксу є ефективною енергозберігаючою технологією, що забезпечує утилізацію до 35% тепла, що витрачається на коксування вугілля і поліпшує екологічну обстановку на коксохімічних підприємствах. Однак широкому застосуванню цього процесу перешкоджає громіздкість установок сухого гасіння коксу і велика витрата електроенергії на циркуляцію інертних газів.

Значною мірою зазначені недоліки обумовлені низькою інтенсивністю теплообміну між коксом і газами в промислових камерах. За практичними даними час перебування коксу в промислових камерах Гіпрококсу становить 2-2,2 год, тоді як час охолодження його від 1000 до 200-220 °С, розрахований за значеннями коефіцієнтів теплообміну в експериментальних умовах, не перевищує 1,0-1,5 год. Цю ж величину необхідного часу перебування підтверджують експлуатації ряду промислових та напівпромислових установок, у яких дані завдяки особливостям конструкції вдається досягти рівномірного розподілу охолоджуючого газу в шарі коксу.

Основною причиною зниження інтенсивності промислових камер сухого гасіння є теплообміну В нерівномірність розподілу потоків коксу та газу в поперечному перерізі. Як відомо, введення газу в шар коксу в камерах Гіпрококсу традиційної конструкції проводиться частково через вертикальний патрубок, розміщений в конусній частині камери по її основі перекритий зверху конічними кільцями у вигляді жалюзі, а частково через периферійну кільцеву щілину в конусній частині камери. Діаметр центрального пристрою для введення газу дорівнює 3 м, а діаметр периферійної кільцевої щілини близько 4,5 м. Таким чином, потік коксу виходить із зони теплообміну через кільцевий канал, переріз якого становить близько 26% перерізу циліндричної частини гасіння камери. Оскільки простір під цим кільцевим каналом заповнено коксом, це у свою чергу негативно впливає на розподіл швидкостей руху коксу в камері.

При визначенні особливостей руху охолодного газу в камері гасіння цікавий аналіз геометрії руху охолоджуючого газу в камері сухого гасіння коксу. Цей аналіз дозволяє чітко та наочно сформулювати особливості роботи діючих УСТК та намітити шляхи їх удосконалення

При аналізі геометрії руху газу виходили наступного. Циркулюючий газ, вийшовши з луть своєї головки, прямує по дорозі з найменшим опором до газовідвідного косого ходу. Теплоносій буде прагнути йти по прямій, тому що його до цього змушує значний перепад тисків (близько 2 кПа). Можливості відхилитися убік від прямої в горизонтальному напрямку у теплоносія немає через практичну відсутність перепаду тиску в цьому напрямку.

Спочатку в камері сухого гасіння коксу конструкції Гіпрококсу охолодний газ підводився через периферійні розподільні канали та центральне дуття. У подальших проектах від периферійної подачі теплоносія відмовилися. На рис. 1.4 показана геометрія руху охолодного газу в камері з центральним введенням охолодного газу через грибоподібний розподільний пристрій.

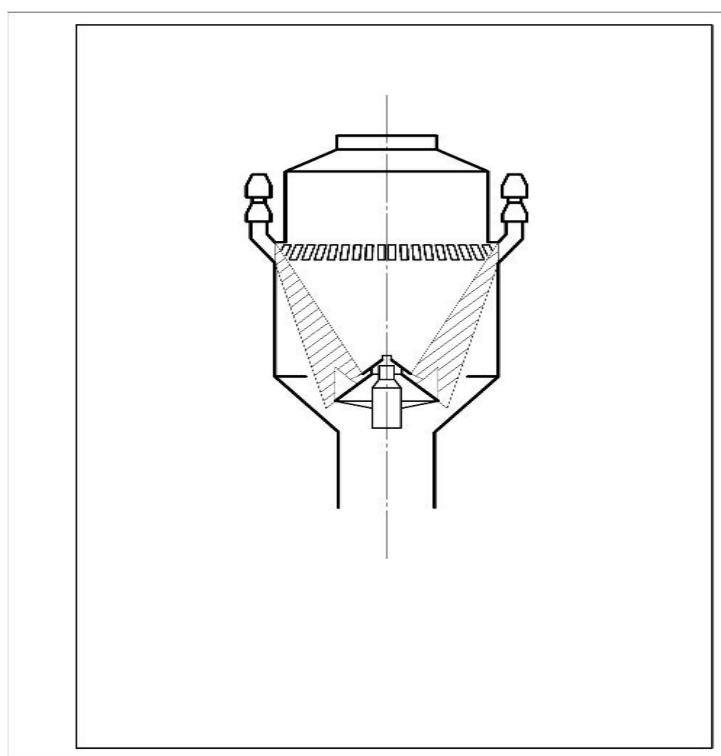


Рисунок 1.4 – Геометрія потоку охолоджуючого газу в існуючій камері

Біля стін камери кокс рухається досить повільно і встигає охолонути під час контакту з охолодним газом. У центрі камери є значний обсяг у формі конуса, що не продувається охолодним газом. Температура коксу в цьому обсязі зменшується незначно і кокс практично неохолодженим доходить рівня дутьєвого пристрою. Тільки в нижній частині камери гасіння кокс починає контактувати з циркулюючим газом.

Наявність розпеченого коксу в нижній частині камери гасіння і малий час його контакту з охолодним газом змушують збільшувати витрату газу порівняно з теоретично необхідним. Це призводить до збільшення гідравлічного опору системи та витрати електроенергії. Крім того, практично по всій висоті камери гасіння є шматки з високою температурою, що призводить до збільшення чаду.

Наявність у камері гасіння зон з абсолютно різними умовами охолодження призводить до відмінностей у термонапруженому стані шматків коксу, що проходять через різні зони однієї і тієї ж камери гасіння. Термічні напруги, що виникають при охолодженні, значною мірою визначають характеристики міцності коксу. Тому слід оцінити їх значення при сухому гасінні.

Для оцінки впливу режиму охолодження на характеристики міцності коксу Д.А. Мучником та Ю.С. Постольником наводиться математичний апарат і необхідні дані, що дозволяють визначити величину термічної напруги в шматку, при яких відбувається утворення тріщин і, як наслідок, зниження показників міцності. Автори монографії проводять докладний аналіз мокрого гасіння коксу з метою визначення впливу різних технологічних факторів на величину максимальної напруги в шматку коксу. Для сухого гасіння також наводяться результати розрахунку максимальної розтягуючої термічної напруги. На підставі цього робиться висновок, що критичне значення розтягуючих напруг у шматку коксу при сухому гасінні, на відміну від мокрого, не виникає. При розрахунках автори орієнтувалися середні значення параметрів. При цьому не враховувалася значна нерівномірність розподілу

потоків коксу та охолоджуючого газу по перерізу гасіння камери, внаслідок чого умови охолодження в різних зонах камери значно відрізняються.

Цікавить провести розрахунок термічних напруг для найбільш жорстких умов охолодження, що мають місце в камері гасіння. Такі умови через великий перепад температур і значну інтенсивність теплообміну виникають при попаданні коксу з центральної зони в район інтенсивного теплообміну на рівні дутьового пристрою.

1.6 Дослідження структури потоку коксу при застосуванні нового розподільчого пристрою

Для оцінки структури потоків коксу в камері сухого гасіння з описаним розподільним пристроєм було виготовлено лабораторну модель, форму та розмір якої показано на рис. 1.5. Камера прямокутного перерізу складається з верхньої частини 1 з дільником потоку коксу у вигляді Λ образної балки 2 і нижньої частини 3 з направляючими коксу 4 і поворотним шибером 5. У нижній частині є вікно 6 для вивантаження порцій коксу, що пройшли через розподільний пристрій.

Методика проведення експерименту полягала у наступному. У камеру 1 завантажували 12-20 кг коксу класу 10-25 мм (коковий горішок) при закритому шибері 5 і розрівнювали поверхню засипу. На горизонтальну поверхню укладали шар індикатора шматки коксу розміром 10-25 мм, покриті білою фарбою. Маса індикатора становила близько 1,1 кг, при цьому він утворював шар завтовшки один шматок. Після закінчення завантаження проводили періодичне пропускання коксу через розподільний пристрій шляхом короткочасного відкриття шибера 5, що відповідає реальній динаміці руху коксу в промисловій камері УСТК.

Кожну порцію коксу (1,0-1,4 кг) витягали з камери через 3 вікно 6. вибирали з неї пофарбовані шматочки, після чого зважували кокс з точністю до 0,005 кг, а індикатор з точністю до 0,0005 кг. Зважену порцію коксу знову завантажували в камеру 1 і розрівнювали поверхню завантаження. Таким

чином маса коксу в експерименті, як ця камера залишалася незмінною протягом всього і має місце в промисловій камері при режимі роботи.

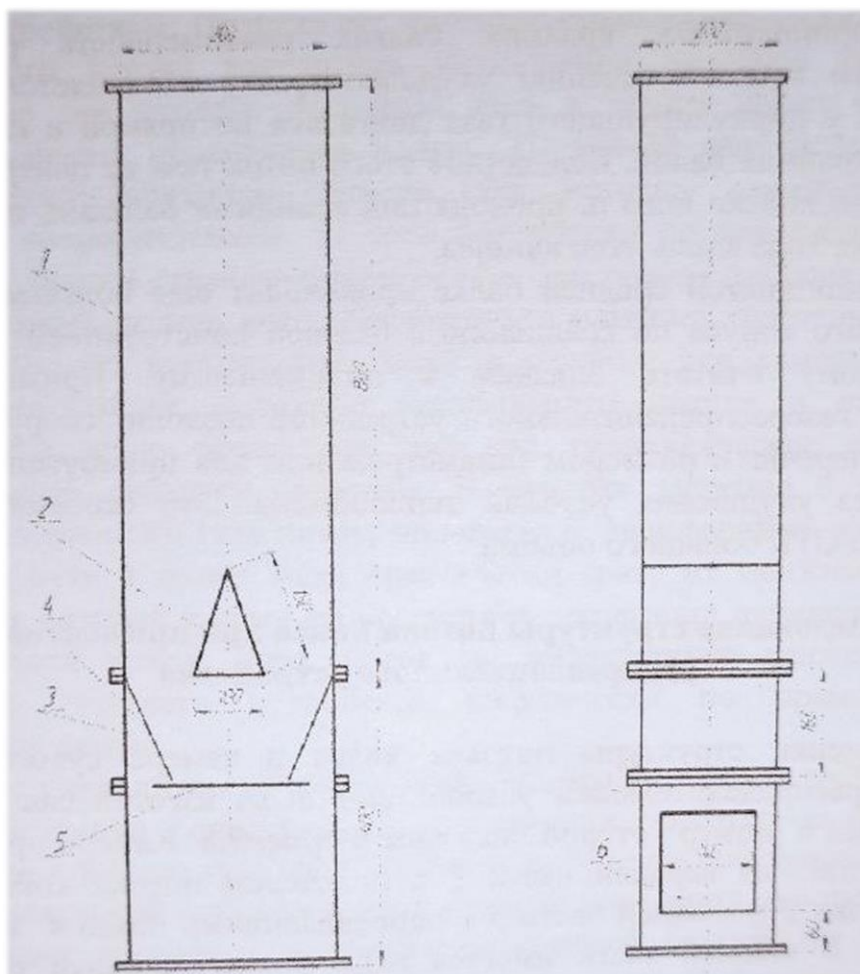


Рисунок 1.5 – Лабораторна модель камери з розподільним пристроєм: 1 – верхня камера; 2 – дільник коксу; 3 – нижня камера; 4 – напрямні коксу; 5 – шибер поворотний; 6 – вікно для розвантаження коксу

Експеримент продовжувався доти, поки у порціях коксу, що вивантажуються, не переставали виявляти індикатор. Відсутність індикатора в камері / підтверджувалося порівнянням загальної маси вивантаженого протягом експерименту індикатора з масою, завантаженої в камеру перед початком експерименту. Мета експерименту полягала в побудові кривої відкани при імпульсному введенні індикатора, що характеризує розподіл

частинок за часом перебування в камері [162, с. 80-85], у безрозмірних координатах:

$$c = f(\theta),$$

де c – безрозмірна (відносна) концентрація індикатора вивантажуваних порціях коксу;

θ – безрозмірний час перебування частинок у камері.

Відносна концентрація індикатора в i -й порції коксу визначалася за формулою:

$$C_i = \frac{\Delta m_i}{\Delta M_i C_o} \quad (1.1)$$

де Δm_i – маса індикатора, кг, що вивантажується з камери з i -ї порцією коксу, відповідної моменту часу від початку експерименту;

ΔM_i – маса i -ї порції коксу, кг;

C_o – максимальна концентрація індикатора при імпульсному введенні та миттєвому (ідеальному) його перемішуванні, кг індикатора/кг коксу:

$$C_o = \frac{m}{M} \quad (1.2)$$

m і M – маси відповідно індикатора та коксу, завантажених у камеру перед початком експерименту, кг.

З урахуванням (1.1) рівняння (1.2) набуває вигляду:

$$C_i = \frac{\Delta m_i \cdot M}{\Delta M_i \cdot m} \quad (1.3)$$

Відносний час перебування частинок у камері:

$$\theta = \frac{\tau_i}{\tau_o}, \quad (1.4)$$

де τ_i – час перебування i -й порції коксу в камері;

τ_o – середній час перебування часток у камері.

$$\tau_i = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta M_i}{G} \quad (1.5)$$

$$\tau_o = \frac{M}{G}, \quad (1.6)$$

де G – продуктивність камери по коксу, кг/одиниця часу.

З урахуванням (1.5) та (1.6) безрозмірний час перебування часток у камері:

$$\theta_i = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta M_i}{M}$$

За значеннями c_i і θ_i , розрахованим за формулами (1.3) і (1.4), були побудовані криві відгуки $c_i = f(\theta_i)$. На рис. 1.6 наведено експериментальна крива відгуку при початковому завантаженні коксу 20 кг (висота шару коксу над шибром 730 мм) та диференціальні функції розподілу часу перебування для осередкової моделі, розраховані за формулою:

$$c = \frac{n^n \cdot \theta^{n-1} \cdot e^{-n\theta}}{(n-1)!}$$

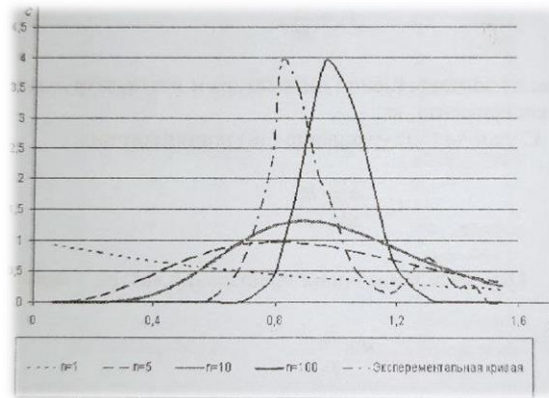


Рисунок 1.6 – Експериментальна та розрахункова крива відгука для осередкової моделі при імпульсному вводі індикатору

Як видно з цього малюнка, переважна частина індикатора виходить з камери в інтервалі 07-105 від середнього часу перебування коксу в камері.

Порівняння експериментальної кривої відгуку з розрахунковими функціями розподілу свідчить у тому, що функція розподілу частинок коксу часу перебування у експериментальній камері задовільно описується осередковою моделлю при значенні параметра $n = 100$.

Більш коректний характер руху в камері сухого гасіння коксу описується дифузійною моделлю, для якої функції розподілу часу перебування розраховуються за формулою:

$$c = \sqrt{\frac{Pe}{4\pi \cdot \theta}} \cdot e^{\frac{-Pe \cdot (\theta - 1)^2}{4 \cdot \theta}}$$

де Pe – критерій Пекле (Боденштейна), що характеризує інтенсивність поздовжнього перемішування частинок у потоці:

$$Pe = \frac{wl}{E},$$

де w – середня швидкість часток в потоці;

l – довжина апарата (камери) у напрямку вздовж потоку;

E - коефіцієнт подольного перемішування часток в потоці.

На рис. 1.7 наведена експериментальна крива відгуку при початковому завантаженні коксу 12 кг (висота шару над шибером 460 мм) та диференціальні функції розподілу часу перебування для дифузійної моделі, з якого можна побачити, що структура потоків в лабораторній моделі задовільно описується дифузійною моделлю при значенні параметра $Pe = 180$.

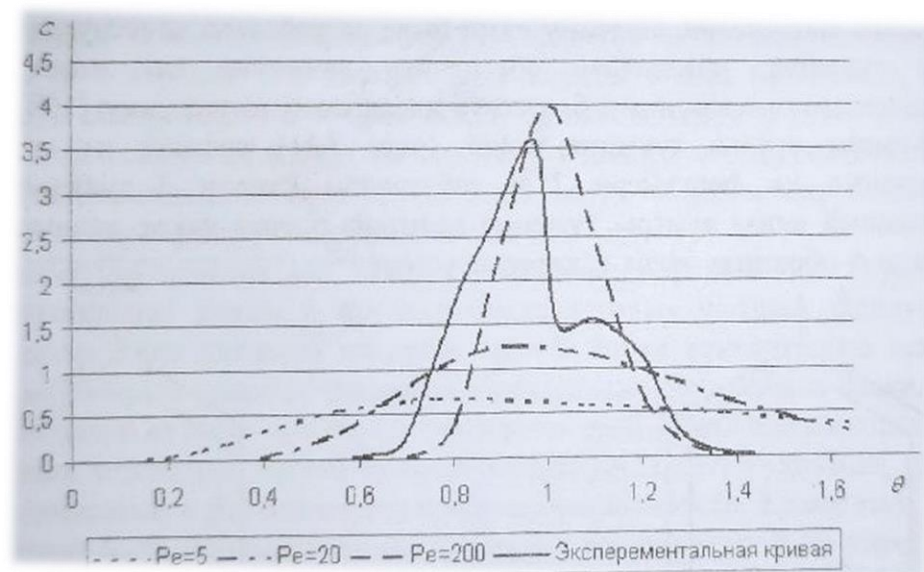


Рисунок 1.7 – Експериментальна та розрахункова крива відгуку для дифузійної моделі при імпульсному введенні індикатора

Для порівняння зазначимо, що за даними дослідження структури потоків у різних апаратах при значеннях параметра $Pe > 10$, характер руху потоку мало відрізняється від ідеального витіснення.

Незначні відхилення експериментальних кривих від розрахункових на низхідних ділянках пояснюються короткочасними зависаннями коксу в одній половині камери, причиною яких могли служити шорсткості і незначні деформації стінок, а також нерівномірне ущільнення коксу при засипанні його в камеру. Деяка несиметричність потоків коксу, що засвідчує наявність

другого піку на низхідній гілці кривої відгуку, обумовлена меншим розкриттям каналу виходу коксу із боку, де розташований вал шибера.

Усунення цих відхилень експериментальних кривих відгуку від розрахункових може бути забезпечене при виконанні камери гасіння у вигляді усіченого конуса (або призми), що злегка розширюється донизу та установки двох шиберів з обох боків кожного каналу для виходу коксу. Останнє дозволить зменшити ширину кожного шибера і момент, що крутить, на валу приблизно вдвічі.

Таким чином, проведені нами дослідження структури потоків коксу в лабораторних умовах показали, що запропонований розподільний пристрій може забезпечити рівномірний переріз камери рух коксу, близький до режиму ідеального витіснення, що сприятливо позначиться на ефективності теплообміну між коксом і газом.

Описаний вище пристрій може забезпечувати рух коксу в камері, близьке до ідеального режиму витіснення і істотне зменшення центральної застійної зони. Однак при периферійному відведенні охолоджуючого газу у верхній частині камери рух буде відхилятися від режиму ідеального витіснення. Тому була розроблена конструкція камери сухого гасіння, покликана забезпечити рух як коксу, що охолоджує газу в режимі, близькому до ідеального витіснення.

Камера сухого гасіння коксу (рис. 1.8) складається з корпусу 1, розділеного на форкамеру 2 і власне камеру 3 гасіння, має розміщений внизу камери гасіння дільник потоку коксу, виконаний у вигляді ряду А-подібних балок 4.

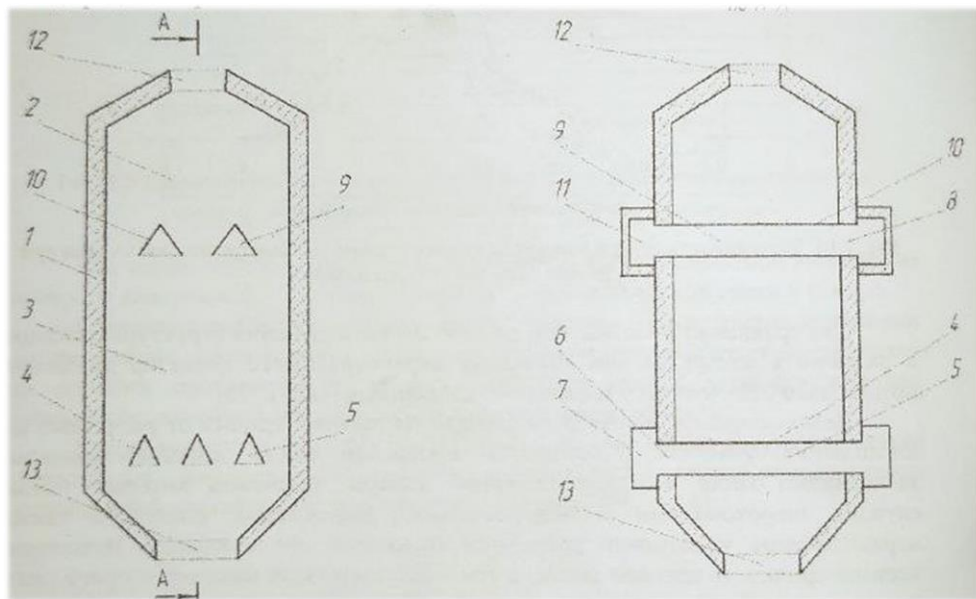


Рисунок 1.8 – Камера сухого гасіння коксу.

Внутрішня поверхня А-подібних балок 4 утворює розподільні канали 5, з'єднані отворами 6 у корпусі 1 з периферійними розподільними каналами 7 для підведення охолодження газу.

З камерою гасіння 3 ходи для відведення охолоджуючого газу 8 пов'язані каналами 9, утвореними внутрішньою поверхнею А-подібних балок 10, розміщених паралельно один одному горизонтальній площині В розділяє форкамеру і камеру гасіння. Канали 9 з'єднані ходами 8 в корпусі з периферійними збірними каналами для відведення охолоджуючого газу 11. Камсра сухого гасіння коксу має завантажувальний та розвантажувальний пристрої 12 і 13 відповідно.

Пристрій працює в такий спосіб. Розпечений кокс через завантажувальний пристрій 12 надходить у форкамеру 2, звідки пересипається через зазори між балками 10 камеру гасіння 3, де контактує з охолодним газом. Охолодний газ подається через розподільні канали 7 і отвори 6 в корпусі 1 в канали 5 під балками 4, звідки рівномірно розподіляється в шарі коксу, рухається вгору і відводиться через канали 9 під балками 10 в ходу 8 в корпусі / і далі в периферійні збірні Охолоджений кокс прокидається через зазори між балками 4 і вивантажується через розвантажувальний пристрій 13.

Підбір матеріалів для балок 11 викликає певні труднощі через значну довжину і жорсткі температурні умови експлуатації. При цьому зовнішнє питоме навантаження на ети балки відносно невелике. Каркас, на який кріпляться елементи, що утворюють поверхню балки, може бути виготовлений з водо- або газоохолоджуваних труб. Подібно до конструктивного оформлення окремих частин високотемпературного обладнання є поширеним у різних галузях промисловості. Крім того, каркас балок може бути сформований з арматури, виготовленої з жаростійкого чавуну або сталі, вартість яких, однак, досить висока. Можуть бути розглянуті інші варіанти конструктивного виконання газовідвідних балок.

Структура потоку охолоджуючого газу цієї конструкції вивчалася на фізичній моделі за методикою, описаної вище.

На підставі епюр швидкостей було визначено розташування та розміри застійних по відношенню до циркулюючого газу зон в УСТК пропонованої конструкції (рис. 1.8).

Сумарний обсяг погано продуваних зон становить 8,6 % від загального обсягу камери гасіння, сумарний обсяг зон зі зниженою швидкістю охолоджуючого газу 6,0 %, що значно краще, ніж у промислових установках, що експлуатуються. Експериментальні дані підтверджують ефективність запропонованої конструкції та необхідність подальших досліджень.

У той же час проти такої конструкції є заперечених деяких спеціалістів. Балки, що знаходяться у верхній зоні камери сухого гасіння, мають значну довжину, що обумовлює суттєвий рівень механічної напруги від власної ваги та тиску вище розташованих слоїв коксу в форкамері. Крім цього, верхні балки знаходяться в зоні високих температур.

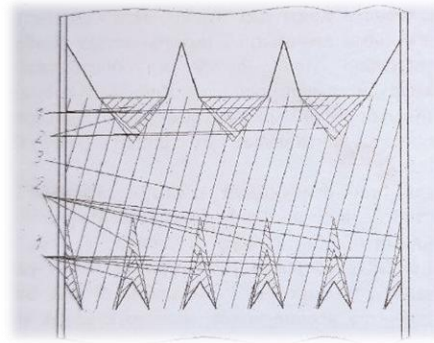


Рисунок 1.9 – Розташування застійних зон у камері гасіння пропонованої конструкції: 1 зона, що погано продувається охолодним газом ($9 \leq 0,5$); 2 - зона зі зниженою швидкістю охолоджуючого газу ($0,5 < 9 \leq 0,8$); 3 - зона, що добре продується ($9 > 0,8$).

Їх поєднання зі значним напруженням призводить до складнощів підбору конструкційних матеріалів для цих балок. Чи можливо вирішити цю проблему? Проаналізуємо умови роботи балок:

а) температура при нормальній експлуатації навряд чи перевищуватиме 900°C . Величезна кількість Прототоннажних промислових процесів проводиться при температурах більше 1000°C (випалювання руд, металургійні процеси, виробництво будівельних матеріалів і т. д.). У цих галузях накопичено досвід конструювання та експлуатації обладнання, що працює у дуже важких умовах;

б) тиск вищележачих шарів коксу можна грубо оцінити за допомогою формули, аналогічної основного рівняння гідростатики:

$$P = p \cdot g \cdot h,$$

де p – щільність коксу, кг/м^3 ;

g – прискорення вільного падіння, $9,81 \text{ м/с}^2$;

h – висота шару коксу над балками, м.

Розрахунки за цією формулою дадуть трохи підвищені значення, так як кокс не має плинності і частина його тиску приймає футерування корпусу

УСТК. Приймаємо $\rho=450 \text{ кг/м}^3$, $h=5 \text{ м}$. Тоді $p=22 \text{ кПа}$, що відповідає масі навантаження 2240 кг на 1 м^2 поверхні балок. У той же час у апарату, який працює під надлишковим тиском всього $0,1 \text{ МПа}$, ця величина становитиме 10000 кг на 1 м^2 поверхні. Тобто зовнішнє навантаження на балки відносно невелике. Навантаження від власної ваги залежить від конструкції та матеріалу балок. Це навантаження посилюється довжиною балок, так як внутрішні напруження залежать від довжини:

а) довжину балок можна прийняти з таких міркувань. Діаметр найбільш поширеної промислової камери сухого гасіння $6,5 \text{ м}$, товщина футерування близько 1 м . Якщо спирати балки на корпус УСТК, довжина балок вийде $8,5 \text{ м}$. Для запропонованої конструкції розподільного пристрою краще камера сухого гасіння коксу не круглої, а прямокутної форми. В цьому випадку довжина балок може бути зменшена. Але в будь-якому випадку $8,5 \text{ м}$ за певних вище навантажень (але не температур) - це не критична величина;

б) верхні балки можуть зазнавати ударних навантажень при завантаженні в камеру. Величина цих навантажень визначається кінетичною енергією шматків, що завантажуються.

Найкращим варіантом конструкції балок є високоміцний каркас, на який кріпляться зовнішні захисні елементи, що перешкоджають контакту каркаса з масою коксу, що рухається. Ці елементи можуть бути виконані з різних вогнетривких, стійких до абразивного зношування матеріалів. До таких можна віднести плити базальтового лиття, бетони на фосфатній зв'язці, керамічні вироби та ін. Зовнішні захисні елементи захищають каркас від абразивного зносу і сприймають значну частину ударних впливів від коксу, що завантажуються.

Каркас балок повинен мати достатню тривалу міцність за температури до $900 \text{ }^\circ\text{C}$. У промисловості накопичено великий досвід вирішення подібних завдань. На наш погляд, можливі наступні варіанти конструктивного оформлення каркасу балок:

а) водоохолоджувані елементи, що набули дуже велике поширення в металургії, особливо в кольоровій. Наприклад, стінки шахтних мідеплавильних печей, умови експлуатації яких значно жорсткіші, ніж УСТК, виготовляють із водоохолоджуваних залізних кесонів. Тому вважаємо за можливе виготовлення каркасу балок з котельних труб, що охолоджуються водою;

б) арматура зі спеціальних легованих сталей, здатних довго зберігати міцність за високих температур. З таких сплавів виготовляють, зокрема, крильчатки вентиляторів та інші високонавантажені деталі з робочою температурою 950-1050 °С, а також, наприклад, конвеєр безперервної печі для випалу побутової керамічної плитки, що працює при температурі вище 1200 °С. Недоліком подібного рішення є дорожнеча сплавів, а також можлива їхня повзучість, що може обмежувати термін експлуатується роками, а не десятиліттями;

в) арматура із керамічних матеріалів. Існують види кераміки, які мають високу міцність, у тому числі при дуже високих температурах, хімічну інертність, твердість, задовільну ударостійкість. Так, високоміцна корундова кераміка дрібної кристалізації має міцність на стиск 3000-5000 МПа, на вигин 350-600 МПа, тобто за міцністю перевершує багато видів сталі. При цьому властивості міцності зберігаються до 1600-1700 °С. У лабораторії одного з авторів цієї роботи є шаровий корундовий млин, в ньому легко перемелюється, наприклад, мартенівський шлак з «корольками» сталі до крупності, необхідної при виробництві цементу (0,08-0,1 мм). Для виготовлення каркаса балок доцільно застосовувати арматуру невеликої довжини, окремі елементи якої з'єднують муфтами, виготовленими з корундової кераміки або іншого матеріалу, що відповідає вимогам застосування в УСТК. Недоліком високоміцної корундової кераміки є її висока вартість;

г) арматура із вуглець-вуглецевих матеріалів. Це - вуглецеві волокна у графітованій матриці. Вони мають високу міцність, порівнянну зі сталлю, а щільність їх у кілька разів менша. Міцність із збільшенням температури до

2000 °C зростає. Такі композити широко застосовуються в авіастроєнні. Недоліком їх є нестійкість до окислення, що у повітряному середовищі починається з ~500 °C. Як відомо, у верхній частині УСТК відбувається часткова газифікація коксу окисними компонентами циркулюючого газу: O_2 , CO_2 , H_2 . Тому вуглець-вуглецеві матеріали необхідно захищати від окиснення, наприклад, за допомогою захисних чохлаів. Це ускладнює застосування таких матеріалів, до того ж їх вартість дуже висока;

В цілому це питання вимагає ретельного опрацювання, що дозволить його вирішити на основі одного із запропонованих або інших варіантів конструктивного оформлення каркасу балок.

Очікуваний економічний ефект від застосування запропонованих розподільчих пристроїв може бути отриманий в результаті наступних дій:

- а) зниження питомих капітальних витрат за рахунок зменшення обсягу застійних зон у камері сухого гасіння;
- б) зниження питомої витрати електроенергії внаслідок зменшення гідравлічного опору системи;
- в) покращення якості продукції завдяки меншій кількості коксу, проходить через непродувану зону;
- г) збільшення виходу коксу внаслідок зменшення «чаду» через меншу тривалість перебування коксу в камері УСТК і зниження питомої витрати циркулюючого газу на охолодження коксу.

1.7 Дослідження впливу введення та відведення охолоджуючого газу на розподіл швидкостей у моделі камери сухого гасіння коксу

Методика експерименту полягала у наступному. На розподільні ґрати з проміжками по 70 мм укладалися 6 пластин. Пластини, що примикають до бокових стінок камери, мали ширину 35 мм, інші – 70 мм. Таким чином, моделювалися умови введення охолоджуючого газу при застосуванні розподільних балок. Далі у камеру засипався кокс. У шарі коксу в перерізі, для якого визначалося розподіл швидкостей, по довжині камери встановлювалися

З пристрої вимірювання тиску. Кількість точок, у яких одночасно замірялася швидкість, визначалося необхідністю відсутності впливу приймачів тиску на структуру потоку. Після досягнення висоти засипки коксу 500 мм поверхня коксу розрівнювалася і на неї рівномірно укладалися 3 пластини шириною 75 мм для моделювання умов відведення охолоджуючого газу з камери. Верхні пластини розміщувалися так, щоб вони не примикали до бокових стінок установки, тобто між пластинами та бічними стінками знаходилися проміжки, які імітували газовідвідні балки.

Після проведення експерименту кокс вивантажувався з камери та пристрої для вимірювання тиску встановлювалися заново: в інших точках або тих же для перевірки відтворюваності результатів попереднього досвіду.

Для виключення впливу пристінкової порізності на розподіл швидкостей перетину апарату необхідно виконання співвідношення:

$$\frac{D}{d} > 10, \quad (1.7)$$

де D – діаметр апарату;

d – діаметр частинки.

Для нашого випадку як діаметр апарату необхідно прийняти найменший горизонтальний розмір установки – ширину 150 мм. Формально як діаметр частини може бути прийнятий еквівалентний діаметр фракції (коксового горіха). Цей розмір трохи перевищує мінімально допустимий, який визначається ставленням (1.7). Тому із завантажуваного матеріалу вибиралися дедалі більші шматки, забезпечуючи цим дотримання співвідношення (1). Наявність впливу пристінкової порізності контролювалася розподілом швидкостей на виході з шару коксу.

Результати оброблялися відповідно до вимог теорії подібності як залежності безрозмірної швидкості від безрозмірної координати X :

$$\theta = \frac{Wi}{W_{max}}$$

$$X = \frac{x_i}{L},$$

де w_i - швидкість газу в експериментальній точці;

w_{\max} - максимальна швидкість газу в цьому перерізі;

x_i - відстань від краю установки до експериментальної точки;

L - Довжина установки.

Епюра швидкостей у кожному перерізі будувалася за вимірами не менше ніж 3-х точках [8]. Для окремих перерізів вимірювання швидкостей здійснювалися у 6-ти точках. Все в ході експерименту було збудовано 8 епюр для різних перерізів.

На підставі епюр швидкостей було визначено розташування та розміри застійних по відношенню до циркулюючого газу зон в УСТК пропонованої конструкції (рис. 1.9).

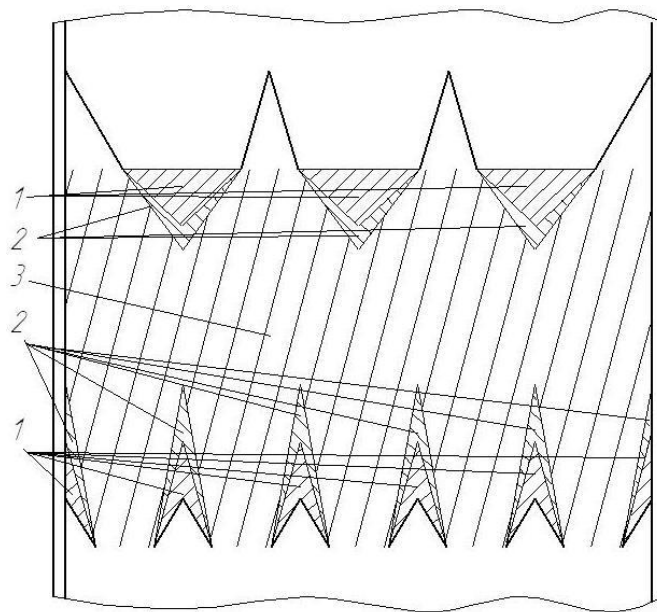


Рисунок 1.10 - Розташування застійних зон в УСТК пропонованої конструкції. 1 – зона, яка погано продувається охолодним газом ($\theta \leq 0,5$); 2 – зона зі зниженою швидкістю охолоджуючого газу ($0,5 \leq \theta \leq 0,8$); 3 - зона, яка добре продувається ($\theta > 0,8$)

Сумарний обсяг погано продуваних зон становить 8,6 % від загального обсягу камери гасіння, сумарний обсяг зон зі зниженою швидкістю охолоджуючого газу 6,0 %, що значно краще, ніж у промислових установках, що експлуатуються [3]. На малюнку (1.10) представлена швидкість руху охолоджуючого газу камері УСТК пропонованої конструкції. Звичайно, ці дані, що ґрунтуються на результатах дослідів з холодною моделлю, мають лише орієнтовний характер. Однак вони показують ефективність запропонованої конструкції та необхідність подальших досліджень. Отримані результати є достатньою основою спорудження дослідно-промислової установки.

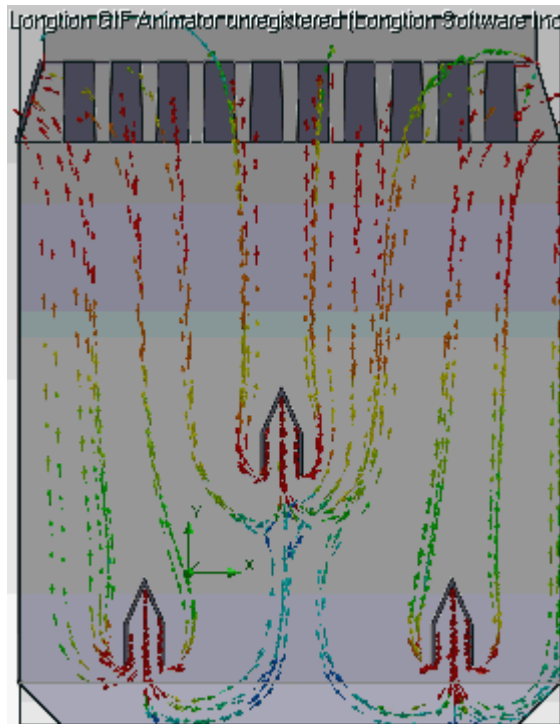


Рисунок 1.11 - Швидкість руху газів в УСТК

1.8 Висновки за розділом

В даному розділі було проведено аналіз літератури з питань технології сухого гасіння коксу. Було наведено технологічні схеми будови камер гасіння коксу та розглянуто принцип їх роботи. Приведено ймовірні варіанти

вдосконалення ефективності процесу сухого гасіння коксу та розглянуто переваги та недоліки даного процесу.

Основними перевагами сухого гасіння коксу є можливість не тільки ефективного використання величезних вторинних ресурсів тепла шляхом заміни гасильної установки мокрого гасіння сучасним теплотехнічним агрегатом, який утилізує більше 80% тепла, що виноситься з печі розжареним коксом. Кожна тонна коксу, погашеного сухим способом, дозволяє одержати близько 400-500 кг пара енергетичних параметрів.

Застосування сухого гасіння коксу зменшує забрудненість навколишнього середовища, у зв'язку з виключенням викидів шкідливих речовин (коксового пилу, оксиду вуглецю, аміаку, фенолів, сірководню і ін.), що мають місце при мокрому гасінні коксу.

РОЗДІЛ 2

РОЗРАХУНОК УСТАНОВКИ СУХОГО ГАСІННЯ КОКСУ

2.1 Розрахунок матеріального балансу коксування

Матеріальний баланс коксування складається на підставі закону збереження маси речовин:

$$\sum G_{\text{вих}} = \sum G_{\text{кін}},$$

де $\sum G_{\text{вих}}$ – сума вагів сухої вугільної шихти (вихідних продуктів процесу) і кількості вологи, що поступила з нею в коксові печі;

$\sum G_{\text{кін}}$ – сума вагів коксу, газу, смоли і інших хімічних продуктів (кінцевих продуктів), одержаних при коксуванні вугільної шихти.

На коксохімічному виробництві кінцеві продукти, за винятком пірогенетичної води, враховують достатньо точно. Тому для складання матеріального балансу використовують дані цехів технічних звітів. Щоб визначити вихід пірогенетичної вологи, застосовують розрахунковий метод – визначають вміст кисню у вугільній шихті і підраховують вихід пірогенетичної вологи [10].

Останніми роками значно змінилася сировинна база коксування, оскільки почали застосовувати у великих кількостях газове вугілля і частково інші (пісне, довгополум'яне), які раніше не використовувалися для отримання металургійного коксу. У зв'язку з цим змінився вихід коксу і летючих продуктів коксування; знадобилося змінити деякі загальноприйняті формули, наблизити їх до фактичних виходів кінцевих продуктів [10].

Початкові дані для розрахунку. Технічний аналіз шихти.

Початковими даними для розрахунку якості шихти є:

- а) склад шихти по марках [10];
- б) якість вугілля окремих марок [10].

Шихта призначена для отримання доменного коксу на коксохімічному заводі без вуглезбагачувальної фабрики, тому вона складається із збагаченого вугілля, що одержується заводом з ЗФ і ЦЗФ [10].

Вихідні дані для розрахунку.

Розрахункова одиниця завантаження – 1000 кг робочої шихти. Технічний аналіз шихти, що йде на брикетування представлено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Склад вугільної шахти

ЦЗФ і марка	Частка в ших- ті, %	Технічний аналіз, %				Товщина пластичного шару, у	R ₀ , %
		W _ш ^r	A _ш ^d	S _ш ^d	V _ш ^{daf}		
1.Київська Ж	13,3	11,0	8,8	1,56	36,0	25	1,11
2.Червонолим. Ж	3,3	12,0	7,3	2,94	36,0	21	1,0
3.Печорська 2 Ж	15,0	10,0	8,9	0,66	32,0	21	0,99
4.Калінінська Ж	6,7	12,0	7,0	2,25	36,0	23	1,16
5.Постніковс. Ж	1,7	12,0	8,4	2,82	36,0	20	1,02
6.Східна К+КЖ	16,7	10,0	10,8	0,6	27,0	14	1,21
7.Північна К	10,0	9,0	10,2	0,63	25,0	15	1,22
8. MV blend	20,0	9,5	8,4	1,0	28,0	18	1,07
9. Чумаковська К	5,0	12,0	8,4	2,71	28,0	23	1,34
10. Вузловська К	8,3	12,0	8,4	1,65	28,0	15	1,44

Вологість шахти:

$$W_{ш}^r = \frac{13,3 \cdot 11,1 + 3,3 \cdot 12,0 + 15,0 \cdot 10,0 + 6,7 \cdot 12,0 + 1,7 \cdot 12,0 + 16,7 \cdot 10,0 + 10,0 \cdot 9,0 + 20,0 \cdot 9,5 + 5,0 \cdot 12,0 + 8,3 \cdot 12,0}{100} = 10,4 \%$$

Вміст води:

$$A_{\text{ш}}^d = \frac{13,3 \cdot 8,8 + 3,3 \cdot 7,3 + 15,0 \cdot 8,9 + 6,7 \cdot 7,0 + 1,7 \cdot 8,4 + 16,7 \cdot 10,8 + 10,0 \cdot 10,2 + 20,0 \cdot 8,4 + 5,0 \cdot 8,4 + 8,3 \cdot 8,4}{100} = 8,5 \%$$

Вміст масової частки загальної сірки:

$$S_{\text{ш}}^d = \frac{13,3 \cdot 1,56 + 3,3 \cdot 2,94 + 15,0 \cdot 0,66 + 6,7 \cdot 2,25 + 1,7 \cdot 2,82 + 16,7 \cdot 0,6 + 10,0 \cdot 0,63 + 20,0 \cdot 1,0 + 5,0 \cdot 2,71 + 8,3 \cdot 1,65}{100} = 1,24 \%$$

Вихід летючих речовин:

$$V^{\text{daf}} V^{\text{daf}} = \frac{13,3 \cdot 36,0 + 3,3 \cdot 36,0 + 15,0 \cdot 32,0 + 6,7 \cdot 36,0 + 1,7 \cdot 36,0 + 16,7 \cdot 27,0 + 10,0 \cdot 25,0 + 20,0 \cdot 28,0 + 5,0 \cdot 28,0 + 8,3 \cdot 28,0}{100} = 30,13 \%$$

Товщина пластичного шару:

$$y = \frac{13,3 \cdot 25 + 3,3 \cdot 21 + 15,0 \cdot 21 + 6,7 \cdot 23 + 1,7 \cdot 20 + 16,7 \cdot 14 + 10,0 \cdot 15 + 20,0 \cdot 18 + 5,0 \cdot 23 + 8,3 \cdot 15}{100} = 18,9 \%$$

Вміст золи:

$$A_{\text{к}} A_{\text{к}} = A_{\text{ш}}^{\text{В}} \cdot K_{\text{оз}},$$

де $K_{\text{оз}}$ – коефіцієнт озолена 1,29.

Вміст масової частки загальної сірки:

$$S_K = S_{\text{ш}}^d \cdot K_c,$$

де K_c – коефіцієнт перерахунку сірки 0,8.

$$S_K = 1,24 \cdot 0,8 = 0,99 \%$$

Показники технічного аналізу відповідають рекомендованим значенням (див. табл. 2.2). Величини виходу летючих речовин $V^{daf} = 30,1 \%$ і товщини пластичного шару $Y = 18,9$ мм дозволять прогнозувати отримання доменного коксу задовільної міцності.

Таблиця 2.2 – Технічний аналіз вугільної шихти

Масова частка загальної вологи, % $W_{\text{ш}}^r$	Вміст золи, %, $A_{\text{ш}}^d$	Вміст масової частки загальної сірки, %, $S_{\text{ш}}^d$	Вихід летючих речовин, %, V^{daf}	Товщина пластичного шару Y , мм
10,4	8,5	1,24	30,1	18,9

Елементний склад вугільної шихти зазвичай визначається експериментально. Тут він прийнятий за літературними даними для типової вугільної шихти (див. табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Елементний аналіз вугільної шихти

Вуглець, % C^{daf}	Водень, % H^{daf}	Кисень, % O^{daf}	Азот, % N^{daf}
87,51	5,22	5,40	1,87

Показники технічного аналізу ($A_{\text{ш}}^d$ та $S_{\text{ш}}^d$) перераховуємо із сухої на робочу шихту:

$$A_{uu}^r = A_{uu}^d \cdot \frac{100 - W_{uu}^r}{100}$$

$$A_{uu}^r = 8,5 \cdot \frac{100 - 10,4}{100} = 7,6\%$$

$$S_{uu}^r = S_{uu}^d \cdot \frac{100 - W_{uu}^r}{100}$$

$$S_{uu}^r = 1,24 \cdot \frac{100 - 10,4}{100} = 1,11\%$$

Перерахування показників елементарного аналізу шихти з органічної на робочу масу:

$$X_{uu}^r = X_{uu}^{daf} \cdot \frac{100 - (W_{uu}^r + A_{uu}^r + S_{uu}^r)}{100}$$

$$C_{uu}^r = 87,51 \cdot \frac{100 - (10,4 + 7,6 + 1,11)}{100} = 70,79 \%$$

$$H_{uu}^r = 5,22 \cdot \frac{100 - (10,4 + 7,6 + 1,11)}{100} = 4,37 \%$$

$$O_{uu}^r = 5,40 \cdot \frac{100 - (10,4 + 7,6 + 1,11)}{100} = 4,22 \%$$

$$N_{uu}^r = 1,87 \cdot \frac{100 - (10,4 + 7,6 + 1,11)}{100} = 1,51 \%$$

Для перевірки правильного розрахунку отримані данні зводимо в контрольний рядок:

$$C_{uu}^r + H_{uu}^r + O_{uu}^r + N_{uu}^r + W_{uu}^r + S_{uu}^r + A_{uu}^r =$$

$$= 10,4 + 7,6 + 1,11 + 70,79 + 4,37 + 4,22 + 1,51 = 100\%$$

2.1.1 Прихідна частина балансу

За одиницю робочої шихти $G_{ш}^r$ приймається 1000 кг.

Кількість сухої шихти, що завантажується в камеру коксування:

$$G_{\text{ш}}^d = G_{\text{ш}}^r - G_w,$$

де G_w - кількість води в одиниці робочої шихти, кг.

$$G_w = \frac{1000 - W_{\text{ш}}^r}{100}$$

$$G_w = \frac{1000 - 10,4}{100} = 104_{\text{кг}}$$

Тоді кількість сухої шихти:

$$G_{\text{ш}}^d = 1000 - 104 = 896$$

Або 89,6 % від робочої шихти.

2.1.2 Витратна частина балансу

При шаровому коксуванні утворюється ряд продуктів. Орієнтовно визначимо (у зв'язку з рядом припущень) вихід цих продуктів розрахунковим шляхом (вихід яких не нижче 0,1 %):

а) вихід сухого валового коксу із сухої шихти:

$$G_k^d = 94,84 - (0,635 \cdot V_{\text{ш}}^d)$$

де $V_{\text{ш}}^d$ - вихід летючих речовин від сухої шихти, %.

$$V_{\text{ш}}^d = V_{\text{daf}} \cdot \frac{100 - A_{\text{ш}}^d}{100}$$

$$V_{\text{ш}}^d = 30,1 \cdot \frac{100 - 8,5}{100} = 27,54 = 27,5\%$$

Тоді $G_k^d = 94,84 - (0,635 \cdot 27,5) = 77,38 \%$.

б) вихід сухого валового коксу на робочу шихту:

$$G_{\kappa}^r = G_{\kappa}^d \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100},$$

$$G_{\kappa}^r = 77,38 \cdot \frac{100 - 10,4}{100} = 69,33\%$$

в) вихід зворотнього сухого коксового газу (відпрацьований газ - після вилучення хімічних летючих продуктів коксування):

Від робочої шихти:

$$G_{\kappa,2}^r = A_2 \sqrt{V_{\text{ш}}^d} \cdot \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100},$$

де A_2 - емпіричний коефіцієнт ($2,54 \div 2,99$). Приймаємо 2,80.

$$G_{\kappa,2}^r = 2,80 \sqrt{27,5} \cdot \frac{100 - 10,4}{100} = 13,16\%,$$

Від сухої шихти:

$$G_{\kappa,2}^d = G_{\kappa,2}^r \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^r}$$

$$G_{\kappa,2}^d = 13,16 \cdot \frac{100}{100 - 10,4} = 14,68\%$$

г) вихід кам'яновугільної смоли:

Від робочої шихти:

$$G_{\text{см}}^r = \left[-18,36 + 1,53 \cdot V^{\text{daf}} - 0,026 \cdot (V^{\text{daf}})^2 \right] \cdot \frac{100 - A_{\text{ш}}^r - W_{\text{ш}}^r}{100}$$

$$G_{\text{см}}^r = \left[-18,36 + 1,53 \cdot 30,1 - 0,026 \cdot (30,1)^2 \right] \cdot \frac{100 - 7,6 - 10,4}{100} = 3,39\%$$

Від сухої шихти:

$$G_{cm}^d = G_{cm}^r \cdot \frac{100}{100 - W_{uu}^r}$$

$$G_{cm}^d = 3,39 \cdot \frac{100}{100 - 10,4} = 3,78\%$$

д) вихід сирого бензолу:

Від робочої шихти:

$$G_{\phi}^r = \left[-1,61 + 0,144 \cdot V^{\text{daf}} - 0,016 \cdot (V^{\text{daf}})^2 \right] \cdot \frac{100 - A_{uu}^r - W_{uu}^r}{100}$$

$$G_{\phi}^r = [-1,61 + 0,144 \cdot 30,1 - 0,016 \cdot (30,1)^2] \cdot \frac{100 - 7,6 - 10,4}{100} = 1,045\%$$

Від сухої шихти:

$$G_{\phi}^d = G_{\phi}^r \cdot \frac{100}{100 - W_{uu}^r}$$

$$G_{\phi}^d = 1,045 \cdot \frac{100}{100 - 10,4} = 1,17\%$$

е) вихід 100%-го аміаку:

Від робочої шихти:

$$G_{am}^r = b \cdot N_{uu}^r \cdot \frac{17}{14} \cdot \frac{100 - (A_{uu}^r + W_{uu}^r)}{100},$$

де b - емпіричний коефіцієнт переходу азоту шихти в аміак (0,11 – 0,15).

Приймаємо 0,14; 17 - молекулярна маса аміаку; 14 - атомна маса азоту.

$$G_{am}^r = 0,14 \cdot 1,51 \cdot \frac{17}{14} \cdot \frac{100 - (7,6 + 10,4)}{100} = 0,21\%$$

Від сухої шихти:

$$G_{am}^d = G_{am}^r \frac{100}{100 - W_{ui}^r}$$

$$G_{am}^d = 0,21 \frac{100}{100 - 10,4} = 0,23\%$$

є) вихід сірки в перерахуванні на сірководень:

Від робочої шихти:

$$G_{H_2S}^r = \frac{34}{32} \cdot K_S \cdot S_{ui}^r$$

де K_S - коефіцієнт переходу сірки в сірководень (0,17 – 0,29).

Приймаємо 0,24; 34- молекулярна маса сірководню; 32 - атомна маса сірки.

$$G_{H_2S}^r = 0,24 \cdot 1,11 \cdot 1,06 = 0,28\%$$

Від сухої шихти:

$$G_{H_2S}^d = G_{H_2S}^r \frac{100}{100 - W_{ui}^r}$$

$$G_{H_2S}^d = 0,28 \frac{100}{100 - 10,4} = 0,32\%$$

ж) вихід пірогенетичної вологи:

Від робочої шихти:

$$G_{\text{пір}}^r = K_{n.в.} \frac{18}{16} O_{\text{ш}}^r,$$

де $G_{\text{пір}}^r$ - спостережувальна кількість пірогенетичної вологи;

$K_{n.в.}$ - коефіцієнт переходу кисню шихти в пірогенетичну вологу, $K_{n.в.} = 0,334 \pm 0,505$, у середньому $K_{n.в.} = 0,44$;

18 - молекулярна маса води;

16 - атомна маса кисню.

$$G_{\text{пір}}^r = 0,44 \frac{18}{16} \cdot 4,37 = 2,16\%$$

Від сухої шихти:

$$G_{\text{пір}}^d = G_{\text{пір}}^r \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^r},$$

$$G_{\text{пір}}^d = 2,16 \frac{100}{100 - 8,4} = 2,41\%$$

Зведений матеріальний баланс надано у табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Зведений матеріальний баланс коксування вугільної шихти

Прихідна частина			Витратна частина		
Стаття	Кількість		Стаття	Склад, %	
	Маса, кг	%		Робоча маса	Суха маса
Завантажена суха шихта	896	89,6	Кокс валовий	69,33	77,38
Волога Шихти	104	10,4	Смола безводна	3,39	3,78
			Сирий бензол	1,045	1,17
			Коксовий газ	13,16	14,68
			Аміак	0,21	0,23
			Сірководень	0,28	0,32
			Пірогенетична волога	2,16	2,41
			Волога шихти	10,4	-
			Нев'язка балансу	0,02	0,03
Разом	1000	100	Разом	100	100

2.2 Розрахунок кількості коксових камер і основного устаткування

Для подальшого проектування було обрано піч з нижнім підведенням тепла. Параметри даної печі: об'єм 42,5 м.³, висота 7,1 м., ширина 450 мм. [5].

До переваг використання печей такої конструкції слід віднести можливість точно і без труднощів контролювати процес керування кількістю тепла для забезпечення достатньої якості коксу по всій довжині камери коксування та цим підвищується продуктивність печей.

Для знаходження необхідної кількості металургійного коксу ($P_{м.к.}^d$, т/рік) дана робоча шихта з параметром 1350000 т/рік.

$$P_{м.к.}^d = \frac{P_{р.ш.}^d}{a_{в.к.} \cdot K}$$

де $a_{в.к.}$ - вихід сухого валового коксу з металургійного коксу (для металургійного коксу +25 мм ав. к. = 0,94 ÷ 0,96);

K – вихід валового коксу за сухою шихтою, %, береться з матеріального балансу коксування $K = 69,33 \%$.

$$P_{м.к.}^d = \frac{1350000}{0,95 \cdot 0,693} = 2050580 \text{ т/рік}$$

При даній кількості металургійного коксу, кількість сухого валового коксу складе:

$$P_{в.к.}^d = \frac{P_{м.к.}^d}{a_{в.к.}} = \frac{2050580}{0,95} = 2158505,263 \text{ т/рік}$$

Параметр продуктивності коксового цеху складає 2158505 т. валового коксу на рік.

Для визначення потрібної кількості печей в коксовому цеху розрахуємо, використовуючи формулу:

$$n = \frac{P_{мк} \cdot t}{365 \cdot 24 \cdot K \cdot a_{вк} \cdot V_k \cdot y_m^c},$$

де n – кількість печей в коксовому блоці;

$P_{мк}$ – задана продуктивність по металургійному коксу, т/ч;

t – оборот печей, ч (приймаємо 17 ч);

K – вихід сухого валового коксу від сухої шихти;

$a_{вк}$ – вихід металургійного коксу;

V_k – корисний об'єм камери, м³;

y_m^c – насипна маса шихти, т/м³ (приймаємо 0,79).

$$n = \frac{2050580 \cdot 17}{365 \cdot 24 \cdot 0,78 \cdot 0,95 \cdot 41,6 \cdot 0,79} = 163 \text{ печі}$$

Для проведення подальших розрахунків візьмемо за значення по замовчуванню у 2 батареї, кожна з якої містить 82 печі.

Для коректного розрахунку необхідної кількості печей, які містять батареї, необхідно враховувати наступні чинники, а саме те, що при збільшенні кількості печей питомі капітальні витрати зменшуються, а загальна площа і протяжність коксового цеху скорочується.

Також, від кількості печей у батареї залежить рівень завантаження коксових машин, частка яких складає 35-45% від вартості батареї.

Вугільна башта розташована по радіусу коксових батарей і представляє собою споруду бункерного типу, де проходить процес завантаження коксових печей вугільною шихтою, використовуючи завантажувальні вагони. Такі вугільні башти розташовуються між двома коксовими батареями.

Для визначення корисної місткості треба розрахувати добову потребу коксового цеху у вугільній шихті за формулою:

$$Q = \frac{N \cdot n \cdot V_k \cdot y \cdot 24}{t}$$

де Q – добова потреба в шихті, т/добу;

N – кількість батарей, шт.;

n – кількість печей в батареї, шт.;

V_k – корисний об'єм коксування, м³;

y – насипна маса шихти, т/м³;

t – час обороту печі, ч.

$$Q = \frac{2 \cdot 82 \cdot 41,6 \cdot 0,79 \cdot 24}{17} = 7608 \text{ т}$$

Для подальшого проектування визначимо місткість вугільної башти в 8000 т.

Далі проведемо розрахунок необхідної кількості комплектів обслуговуючих машин.

Кількість комплектів обслуговуючих машин може бути розрахована по формулі:

$$K = \frac{n \cdot t_{обсл}}{60 \cdot \tau - t_{ц}}$$

де n – кількість печей в блоці;

$t_{обсл}$ – час прийнятий на обслуговування однієї печі, хв;

τ – період коксування, ч;

$t_{ц}$ – час на поточний ремонт в межах циклу.

$$K = \frac{163 \cdot 10}{60 \cdot 16,8 - 75} = 1,7$$

Кількість комплектів визначимо в 2. Адже кожна батарея повинна обслуговуватися окремими комплектами машин. Для коксового блоку з двох батарей приймається наступне число коксових машин (табл. 2.5):

Таблиця 2.5 - Кількість технологічного устаткування

Коксові машини	Робочі	Резервні
Коксовиштовхувачі	2	1
Завантажувальні вагони	2	1
Дверез'ємні машини з коксонапрямними	2	1
Електровози	1	1

Наступним етапом проведемо розрахунки для визначення кількості камер гасіння.

Для ефективного розподілу тепла, який виникає в процесі гасіння коксу, та захисту водного і повітряного простору, на проектованому заводі було передбачено використання саме сухого методу гасіння коксу, яке проводиться у спорудах бункерного типу, які в свою чергу містять котли-утилізатори.

Продуктивність однієї камери УСГК складає 1200 – 1300т. на добу.

Виходячи з продуктивності заводу, нам необхідно гасити: $2050580 / 0,95 = 2158505,2$ т. валового коксу на рік.

Для цього необхідно побудувати: $2158505,2 / 450000 = 4,79$ камери УСГК.

Для подальшого проектування кількість камер УСГК визначимо в 5 камер [11].

Призначенням коксового цеху полягає в одержання коксу, коксового газу з вугільної шихти, що подається по конвеєрних трактах вуглепостачання з цеху вуглепідготовки.

Коксових цех складається з: батарей коксових печей, з допоміжними та обслуговуючими пристроями і спорудженнями; коксові машини (коксоштовхачі, вуглезавантажувальні вагони, дверезйомні машини, гасильні, коксовозні вагони з електровозами); вугільні башти для оперативного запасу вугільної шихти.

Газове господарство коксових батарей складається з газопідводящої арматури, пристрою для перемикання та регулювання газових і повітряних і димових потоків, регулювання гідравлічного режиму [8].

У складі коксового цеху може бути декілька коксових батарей. Коксові батареї компонуються в блоки, що об'єднуються загальною вугільною баштою, системою приймання видаваного з печі готового коксу і його гасіння (рисунки 1.5). Розташування коксових батарей визначається компоновкою коксового цеху. Вугільна башта може розташовуватися між двома коксовими батареями.

У комплект коксових машин коксової батареї входять: коксовиштовхувач, завантажувальний вагон, дверез'йомна машина коксової сторони.

Блок з двох коксових батарей обслуговується одним коксовозним вагоном, який доставляє гарячий кокс до гасильного пристрою.

Коксовиштовхувачі призначені для відкриття, відводу та установки дверей, виштовхування коксу з коксових камер, очищення дверей і рам, планування шихти в камері та збирання планирного вугілля в бункер.

Завантажувальний вагон призначено для набору шихти з вугільної башти, транспортування шихти до печей, завантаження печей, очищення стояків від графіту. Завантажувальний вагон складається з: механізму пересування, механізму чищення стояків, механізму відкривання й закривання затворів вугільної вежі; механізму відкривання й закривання шиберів на бункерах завантажувального вагона.

Проектом пропонується для гасіння коксу використовувати циркуляційні гази, тому на торці батареї або проти фронту печей замість гасильної башти споруджено установку сухого гасіння коксу [12].

Створення установок сухого гасіння коксу забезпечить підвищення одиничної потужності коксової батареї за рахунок збільшення об'єму, інтенсифікація процесу коксування за рахунок застосування вогнетривких матеріалів з підвищеною міцністю і теплопровідністю зробило вплив на компоновку коксового цеху.

При сухому гасінні час на обслуговування печі коксовозним вагоном скорочується приблизно на дві хвилини. У цих умовах головним стає час, необхідний для обслуговування печі вуглезавантажувальним вагоном (за умови бездимного завантаження), яке складає 650 сек. [10].

2.3 Екологія та енергозбереження в коксовому цеху з установкою сухого гасіння коксу

КХВ визнається за кількістю підприємств – натуральними. У процесах вірусної продукції КХВ можна побачити прояв наступних екологічних аспектів: викиди іноземних виступів в атмосфері стаціонарного джерела обруднення; узгодження потоків промислових відходів; привнести промислову міць у якість атмосфери у робочій зоні; узгодження виробничих та сторонніх ресурсів.

Технологічний процес коксування контролюється викидами високонапірних пружин від силових агрегатів та контейнерів.

На ВПЦ на розвантажному, складському, дробленні вугілля з дозованими складовими вугільної шихти, а також з труб аспіраційних установок пильні полотна викидаються в атмосферу. На димарях гаражного промерзання вугілля видні продукти згоряння очищеного (отруйного) коксового газу: оксид азоту, оксид вуглецю, сухий ангідрид. Коксові цехи – основні робітники в середині цехів КХВ. Пристрої для прискорення процесу завантаження в атмосферу в процесах завантаження файлів у систему коксування, у вигляді готового коксу в печах, установки коксу в машини, установки, установки та монтажу системи установки, установки системи керування. При завантаженні шихти в камеру коксової печі у атмосфері заходять за борт. Вид загрозованої обробки переливається вітриною загазованості з камерною обробкою під час завантаження заряду, а також поштовою випискою та оглядом процесів обробки летких компонентів.

Під час відеококсу бачення пронизливих промов необхідно пропускати стоячи перед коксом і до години лову коксового кеку у відповідному вагоні, а також години проїзду (кришення) гасів з коксом. під соплом.

У разі гасіння вологого коксу водою для його біохімічного очищення необхідно додати воду обсягом 0,5–0,6 м³ на 1 тонну коксу.

На коксових апарелях є вапарування волог для мокрого гасіння. При транспортуванні коксу в місцях падінь, а також при розбиранні коксової пилкою відбувається атмосферне зношування.

Одним з основних джерел утворення забруднюючих речовин є система опалення коксових батарей.

У цеху уловлювання коксовий газ очищають із отриманням товарної продукції – сірого вугілля бензолу, важкої відновлювальної гудрони, сульфату амонію. Основними джерелами викидів забруднюючих речовин в атмосферу є: градирня остаточного охолодження коксового газу, люки та вентиляційні отвори хімічного обладнання, відкриті резервуари та відстійники.

У цеху десульфурації коксовий газ очищають після цеху для уловлювання від сірководню з утворенням сірчаної кислоти. Забруднюючі речовини викидаються у повітря через вентиляційні отвори технологічного устаткування.

КХВ у своїй виробничій діяльності не бере воду із природних водойм, має замкнутий цикл водоспоживання. Скидання всіх видів вод у природні водойми на КХВ немає. Коксохімічний цех забруднює атмосферу викидами пилу, сполук сірки, оксиду вуглецю, фенолу та інших шкідливих речовин, що утворюються переважно при завантаженні та видачі коксу, гасінні коксу, від аспіраційних систем сортування коксу та установок перекачування, а також

Сухий гас, у свою чергу, в порівнянні з мокрою гасом має такі екологічні та економічні переваги:

- а) відсутність викидів в атмосферне повітря токсичної парогазо-пилової суміші;
- б) відсутність стоків токсичного забруднення води у систему оборотного водопостачання;
- в) використання великої кількості теплоти охолодженого коксу для виробництва пари високих параметрів;
- г) значне покращення якості коксу: зниження вологості, стабілізація її рівня, підвищення міцності, покращення гранулометричного складу коксу.

Для підвищення екологічної ефективності сухого гасіння коксу необхідно впроваджувати такі природоохоронні підходи:

- а) очищення надлишку газу-теплопередачі від пили та оксиду до вугілля;
- б) очищення вентиляційних гніт від пили;
- в) Приготування сухого коксу за допомогою пластикового складу, щоб можна змінити кількість коксу на об'єктах вирощування коксу до рівня, характерного для мокрого коксу, з початком очищення висушеного коксу на початку.

Загалом сухих, енергозберігаючих та екологічних змін немає. Шкідливі викиди стадія охолодження коксу засвоюється на 80-90%. Економічна ефективність забезпечення утилізації тепла для коксу, крім того, для вирощування коксу, утримування його вітру при виплавці чавуну при даному дозуванні зменшується на 2,3% (11 кг/т). Капітальні витрати з обладнанням сухого гасіння та експлуатацією витрат з метою переведення аналогічних витрат на встановлення мокрого гасіння.

2.4 Висновки за розділом

В цьому розділі було проведено розрахунки установки сухого гасіння коксу. Розраховано кількість коксових камер і основного устаткування та зведено матеріальний баланс процесу гасіння коксу.

ВИСНОВКИ

В результаті виконання кваліфікаційної роботи магістра було проведено дослідження технології підвищення ефективності роботи установок сухого гасіння коксу.

Першим кроком виконання кваліфікаційної роботи стало проведення аналітичний огляд обраної тематики, наведені переваги та недоліки технології сухого гасіння коксу. Було визначено, який вплив на середовище несе собою використання установок сухого гасіння коксу.

Наступним етапом став розрахунок матеріального балансу коксування. Були визначені прихідна та витратна частина балансу. Та проведений розрахунок кількості коксових камер і основного устаткування.

Останнім етапом стало дослідження охорони життєдіяльності на коксохімічних підприємствах.

В результаті було визначено, що сухе гасіння коксу дозволяє поліпшити міцність коксу за показником M_{25} (M_{40}) на 4 - 6 %, за M_{10} на 0,3 %, вміст класу більше 80 мм в коксі знижується на 3 - 4 %, засміченість класом менше 25 мм зменшується на 0,1 - 0,2 %, показник реакційної здатності CRI зменшується на 3 - 5 %, а після-реакційна міцність CSR зростає на 5 - 8 %.

Поліпшення якості коксу при використанні сухого гасіння досягається внаслідок додаткового витримування коксу в форкамері, що збільшує тривалість процесів термічного синтезу в органічній масі коксу, сприяє зростанню ступеня структурної впорядкованості коксового матеріалу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Старовойт А. Г., Анисимов В. А., Гончаров В. Ф. кинетика движения и характер охлаждения кокса в камере УСТК// Кокс и химия. – 1990. - №3. – С. 9-10.
2. Давидзон Р. И. Мастер установки сухого тушения кокса. – М.: Металлургия, 1980. – 124с.
3. Пат. 31141 Україна, МІК7 С 10В 39/02. Камера сухого гасіння / О. Ф. Гребенюк, А. В. Голубєв. Опубл. 25. 03. 2008; бюл. № 6
4. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия. - 1971. – 784 с.
5. Процессы и аппараты химической технологии. Часть 1. – М.: Химия. - 1995. - 400 с.
6. Старовойт А. Г. О физико-химических процессах в зоне циркуляции камеры УСТК / Старовойт А. Г., Гончаров В. Ф., Ляш Е. И., Самойлов В. И. // Кокс и химия. – 1988. – № 7. – С. 21-24.
7. Бертлинг Г. Рекуперация тепла при сухом тушении кокса / Бертлинг Г. // Глюкауф. – 1978. – № 14. – С. 20-28.
8. Кручинин М. С. Опыт пуска и эксплуатации установки сухого тушения кокса / Кручинин М. С., Назаров В. В. // Кокс и химия. – 1968. – № 3. – С. 18-23.
9. Кулаков Н. К. Сравнительная характеристика работы советской и французской установок сухого тушения кокса / Кулаков Н. К., Кононенко В. С. // Кокс и химия. – 1975. – № 1. – С. 22-28.
10. Минасов А. Н. Сухое тушение кокса / Минасов А. Н., Суслов А. Н. // Кокс и химия. – 1979. – № 6. – С. 19-21.
11. Сравнительная оценка качества кокса сухого и мокрого тушения / Акулов П. С., Лазовской И. М., Шрейдер Э. М. [и др.] // Кокс и химия. – 1968. – № 9. – С. 17-19.

12. Харлампович Г. Д., Кауфман А. А.- Технология коксохимического производства. Москва ; металлургия 1995 г.; 384ст.
13. Буряк П.Г., Найденов Ю.Д.; Стадниченко И.Ф.; Постернак С.С.;- Справочник коксохимика, том 4, Москва; металлургия 1966 г.; 391ст.
14. Мейксон Л. В., Шварц С. А. - Производство кокса. Москва; металлургия 1955 г.; 394 ст.
15. Ильин В.Ф., Егоров В.М. - Проектирование и расчет углекоксового блока коксохимического предприятия.- Учеб. пособие. Днепропетровск: ГметАУ, 1999; 84 ст.
16. Зашквара В. Г., Дюканов А. Г. - Подготовка углей к коксованию. Москва ; металлургия 1981 г.; 59ст.
17. Е. Б. Иванов , Д. А. Мучник - Технология производства кокса. Изд. объединение <Вища школа>, Киев; 1976г.; 232 ст.
18. Лейбович Р. Е., Яковлева Е.И., Филатов А. Б. - Технология коксохимического производства Москва ; металлургия 1982 г.; 359ст.
19. Давидзон Р.И. - Мастер установки сухого тушения кокса Москва ; металлургия 1980 г.; 123 ст.
20. Коробчанский И. Е., Кузнецов М. Д. - Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования. Москва ; металлургия 1972 г.; 296 ст.

Додаток А

Зауваження нормоконтролера

Таблиця А.1 – Зауваження нормоконтролера

[illegible]

Додаток Б

Охорона праці на коксохімічних підприємствах

Б.1 Вплив коксохімічного виробництва на навколишнє середовище

Наявність на об'єктах коксового виробництва великої кількості легкозаймистих та горючих рідин та газів, а також коксу, вугілля, мазуту та інших горючих матеріалів, що зберігаються, транспортуються та використовуються в різних технологічних процесах, створює потенційну небезпеку загорянь, пожеж та вибухів. Тому проблема забезпечення вибухової та пожежної безпеки об'єктів коксового виробництва є дуже актуальною та має велике народногосподарське значення. Виникнення пожежі на виробництві завдає великої шкоди не тільки колективу цеху та підприємства, де сталася пожежа, але й іншим підприємствам, які використовують продукцію як вихідну заготовку для виробництва готового виробу.

Пожежна небезпека коксового виробництва характеризується наявністю горючих газів (коксового, доменного, природного), горючих рідин, коксу, а також застосуванням ПУТ для вдування в горн доменної печі. Певну небезпеку становить наявність шлаку. Щоб уникнути вибухонебезпечних сумішей у міжконусному просторі завантажувального пристрою, в нього повинна подаватися пара або інертний газ. Подача пари або інертного газу в міжконусний простір повинна бути заблокована із завантажувальним пристроєм так, щоб без подачі пари (газу) у міжконусний простір механізми завантаження не працювали. Приміщення, в якому розпокладено розподільчу установку для вдування ПУТ, повинно мати природну та примусову вентиляцію. Розподільна установка та пілопроводи повинні бути обладнані підведенням інертного газу. Витратні ємності для ПВТ закритого типу повинні бути обладнані запобіжними клапанами. Повітрянагрівачі доменних печей повинні бути обладнані приладами контролю температури кожуха в купольній та підкупольній частинах. При нагріванні кожуха до температури вище 150оС

негайно повинні бути вжиті заходи щодо усунення причин, що призвели до його перегріву. На газопроводах повітронагрівачів ближче до пальників повинні встановлюватися автоматичні швидкодіючі клапани безпеки, які спрацьовують при падінні газу або повітря нижче за встановлені межі. Клапани повинні бути блоковані з сигналізаторами падіння тиску газу та повітря. Сигналізатори мають бути звукові та світлові. При нагріванні повітропроводів гарячого дуття до температури вище 200оС негайно повинні бути вжиті заходи щодо усунення причин, що призвели до перегріву. Протягом усього режиму горіння повинен здійснюватись контроль за наявністю полум'я в камері горіння. У разі відриву або згасання полум'я подача газу має бути негайно припинена. Температура ПУТ у верхній частині бункера повинна контролюватись контрольно-вимірювальними приладами з подачею звукового та світлового сигналів при самозайманні пилу в бункері. Вдування ПУТ та мазуту в доменну піч при несправній відсікаючій та запірній арматурі та несправних контрольно-вимірювальних приладах забороняється. Доменні печі повинні бути обладнані приладами контролю температури кожуха по всій висоті печі, показання яких мають бути виведені на пульт керування піччю. Для контролю за прогаром повітряних фурм вони повинні бути обладнані пристроями, що сигналізують. Робота на фурменних приладах, що прогоріли, забороняється.

Б.2 Правила безпеки в хімічних цехах

На стиках рейок в'їзних залізничних колій, на яких проводиться навантаження та вивантаження вибухонебезпечних рідких хімічних продуктів, з обох боків від навантажувального пункту повинні встановлюватися електроізолюючі накладки. Другі електроізолюючі накладки встановлюються на відстані, що перевищує довжину складу, що складається з локомотива, прикриття та залізничної цистерни.

Контроль за відсутністю електричного потенціалу за другим електроізолюваним стиком повинен проводитися двічі на рік при нормальній експлуатації, а також після монтажу або кожного ремонту колії.

На території хімічних цехів у місцях в'їзду мають бути встановлені знаки безпеки, що відповідають ГОСТ 12.4.026-78.

Обслуговуючий персонал щозмінно повинен проводити візуальний огляд працюючого обладнання та трубопроводів. Перевірка обладнання та трубопроводів на герметичність повинна проводитись за графіком, затвердженим головним інженером підприємства.

За відключеними апаратами, резервуарами, трубопроводами та газопроводами повинен здійснюватися нагляд. Порядок їх відключення та виведення з роботи, забезпечення нагляду повинні виконуватись за інструкцією, затвердженою головним інженером підприємства (виробництва).

Для обслуговування залізничних цистерн повинні бути влаштовані майданчики, що забезпечують безпеку вантажно-розвантажувальних робіт.

Ємності та апарати мають бути обладнані майданчиками для обслуговування.

Для наповнення та спорожнення ємностей сховищ бензольних вуглеводнів та сірковуглецевих продуктів допускається пристрій у нижній частині ємностей зливних штуцерів із зворотним клапаном.

Забороняється викид в атмосферу через повітряні свічки забрудненого хімічними речовинами повітря із сховищ, ємностей та апаратів.

Усі сховища, ємності та хімічні апарати повинні бути обладнані пристроями для відсмоктування та очищення забрудненого повітря або системою зрівняльних трубопроводів для передачі забрудненого повітря з наповнених ємностей та апаратів у спорожнювані. При цьому повинен бути забезпечений автоматичний контроль та підтримання встановлених безпечних рівнів тиску та розрідження у ємностях за рахунок подачі в них інертних газів.

Апарати та трубопроводи у необхідних випадках мають бути забезпечені пристроями для відбору проб. Забороняється застосовувати сталевий посуд для відбору проб легкозаймистих рідин.

Фланцеві з'єднання напірних трубопроводів, якими транспортуються кислоти, луги, фенольні продукти та інші їдкі та шкідливі речовини, повинні встановлюватися осторонь проходів. Вони, а також сальники відцентрових насосів, які застосовуються для цих продуктів, повинні мати захисні кожухи.

Злив із залізничних цистерн кислоти в луги та передача їх у сховища та напірні баки повинні здійснюватися за допомогою насосів, що перекачують, без створення надлишкового тиску в цистернах.

Люки на апаратах, ємностях, передавальних ящиках, скруберах повинні бути забезпечені кришками з м'якими прокладками. Кришки повинні швидко закриватися і забезпечувати необхідну герметичність.

Приєднання пропарювальних трубопроводів до газопроводів в апаратах повинно проводитись відповідно до вимог «Правил безпеки в газовому господарстві підприємств чорної металургії» (ПБГЧМ-86).

Виконувати будь-які роботи безпосередньо на ємностях під час перекачування легкозаймистих та токсичних продуктів забороняється. Перебувати обслуговуючому персоналу на залізничних цистернах під час їх навантаження та розвантаження дозволяється лише для перевірки рівня продукту в цистерні.

На апаратах і трубопроводах для кислотних розчинів як прокладний матеріал повинні застосовуватися кислотостійкі матеріали.

Допуск до керування пусковою, запірною та запірно-регулювальною арматурою осіб, які не обслуговують безпосередньо цю ділянку або робоче місце, забороняється.

При завантаженні та розвантаженні легкозаймистих та вибухонебезпечних продуктів (сирий бензол, продукти ректифікації бензолу тощо) у цистерни всі стаціонарні вантажно-розвантажувальні пристрої, а також зливна труба та цистерна повинні бути заземлені.

Забороняється здійснювати подачу продуктів вільно падаючим струменем. Наконечник зливного пристрою повинен бути із кольорового металу та закінчуватися косим зрізом.

Введення трубопроводів для подачі легкозаймистих рідин у ємності має розташовуватися нижче за рівень зливного трубопроводу. Трубопроводи для заповнення та спорожнення ємностей з легкозаймистими рідинами повинні прокладатися на спеціальних опорах та надійно закріплюватися.

Транспортування перемішування сирого бензолу, продуктів ректифікації, піридинових основ та інших легкозаймистих продуктів за допомогою стисненого повітря забороняється.

Забороняється скидання продуктів виробництва на каналізацію.

Усі включення та відключення технологічних апаратів та обладнання повинні проводитися відповідно до вимог інструкції, твердженою головним інженером підприємства (виробництва).

У технологічній інструкції цеху для кожного апарату, групи апаратів та ділянки газової магістралі має бути встановлений нормальний та гранично допустимий гідравлічний опір, при перевищенні якого вони повинні відключатися на ревізію, ремонт, чищення, пропарювання у промивання.

Усі зупинені апарати та ділянки газопроводів (за винятком ділянок газопроводів для пропуску газу безпосередньо) мають бути відключені заглушками незалежно від наявності засувки.

Апарати мають бути пронумеровані. Номери повинні відповідати номерам за технологічною схемою та проектом і повинні наноситися на видних місцях фарбою, що не змивається.

У хімічних цехах має бути встановлений рівень заповнення ємнісного обладнання.

Ємнісне обладнання має оснащуватися системою блокування, що виключає надходження рідини при досягненні максимально допустимого рівня.

Ємності для горючих рідин, газів, агресивних рідин повинні бути змонтовані так, щоб була можливість візуального контролю за станом всіх його частин, у тому числі днищ.

Ребра жорсткості повинні розміщуватись зовні.

Для огляду, ремонту, заміни та обслуговування люків, приладів, насосів та іншого обладнання, розташованого на ємностях-сховищах, мають бути влаштовані майданчики.

Переробка продуктів та застосування реактивів із невивченими фізико-хімічними властивостями забороняється.

Б.3 Охорона праці в коксових цехах

Для випуску в атмосферу надлишків очищеного коксового газу має бути встановлений спеціальний газоскидний пристрій, що автоматично спрацьовує при підвищенні тиску газопроводу понад заданий.

Газоскидні пристрої для коксового газу повинні бути обладнані засобами автоматичного та дистанційного запалення газу.

При припиненні відсмоктування коксового газу нагнітачі повинні автоматично відкриватися газоскидні свічки на газозбірниках. На всіх батареях висота газоскидних свічок має бути не менше 4 м від майданчика обслуговування газозбірника.

При припиненні подачі надсмольної води на зрошення коксового газу газосборниках необхідно в них дати пару і подати на зрошення технічну воду.

Розподільні колектори опалювального коксового, доменного та змішаного газів дозволяється прокладати у закритих каналах тунелів коксових печей. Влаштування каналів і газопроводів має відповідати вимогам «Правил безпеки в газовому господарстві підприємств чорної металургії» (ПБГЧМ-86). Розміри каналів для газопроводів доменного газу повинні забезпечувати можливість проведення періодичних оглядів та перевірки герметичності газопроводів з видаленням знімних плит перекриття каналів. Ремонт газопроводів необхідно проводити тільки після знімання плит перекриття,

якщо це потрібно за габаритними умовами. Канали мають бути забезпечені постійною вентиляцією.

У печах з нижнім підведенням газу в підбатарейному приміщенні, де розташовуються газопроводи та опалювальна арматура, має бути забезпечена вентиляція всього приміщення.

На газопроводах коксових батарей повинні бути встановлені засувки та передбачена можливість встановлення заглушок після них по ходу газу.

Конденсатовідвідники, які встановлюються у приміщенні на першому поверсі майданчиків коксових батарей, повинні відповідати вимогам «Правил безпеки в газовому господарстві підприємств чорної металургії» (ПБГЧМ-86), при цьому:

- а) відведення конденсату має проводитися без розриву струменя;
- б) на водоспускній трубі від газопроводу та на водоспускній трубі від конденсатовідвідника повинні встановлюватися коркові крани;
- в) до конденсатовідвідника повинні бути підведені вода та пара;
- г) конденсатовідвідник повинен бути обладнаний витяжною трубою діаметром не менше 50 мм, виведеною на 4 м вище за майданчик газозбірника;
- г) водоспускні труби від газопроводів коксового та доменного газів допускається відводити в один конденсатовідвідник;
- д) водоспускні крани повинні бути корковими з фланцевими з'єднаннями; встановлення бронзових кранів забороняється;
- е) скидання конденсату пари з конденсатовідвідників пари в конденсатовідвідники газу забороняється.

Обслуговування арматури опалення печей коксовим газом та вічок регенераторів у тунелях коксових батарей повинно здійснюватися зі стаціонарного майданчика або за допомогою легких пересувних сходів із майданчиком, що має перильні огорожі. Пересувні сходи повинні бути обладнані гальмом.

У операторському пульті коксового цеху (кабінах коксових батарей) повинні встановлюватися прилади для сигналізації зміни тиску газу в

газопроводах (нижче або вище встановленої межі) та зменшення тяги в килимах димових газів.

З метою виключення бавовни в газопідвідній арматурі коксового газу печей з нижнім підведенням повинні бути забезпечені:

- а) система централізованого мастила кантувальних кранів (клапанів);
- б) достатня за тривалістю пауза закриття кранів кантувань під час їх кантівки. Величина паузи встановлюється залежно від конструкції та стану батареї;
- в) герметичність реверсивних кранів.

Приймання та випробування газопроводів, арматури та обладнання для опалення коксових печей повинні проводитись відповідно до вимог «Правил безпеки в газовому господарстві підприємств чорної металургії» (ПБГЧМ—86) та діючих технічних умов на монтаж обладнання коксових батарей.

Перед включенням у роботу газопроводи коксового або змішаного (коксовий та доменний) газів повинні бути продуті спочатку парою, потім коксовим або змішаним газом, а газопроводи доменного газу лише доменним газом. Якщо газопровід коксового газу перед увімкненням не розкривався і знаходиться під тиском не менше 500 Па (50 мм вод. ст.), його необхідно продуті тільки коксовим газом.

Продування розподільних газопроводів коксових печей повинно проводитися при закритих стопорних кранах або регулювальних (запірних) клапанах при тиску газу в межах 1000-1500 Па (100-150 мм вод. ст.).

Перед продуванням газопроводів повинні бути випробувані та відрегульовані арматура та обладнання газопроводів.

На кожному підприємстві (виробництві) має бути інструкція з пуску та зупинки обігріву коксових та пекококових печей, затверджена головним інженером підприємства (виробництва).

Пуск газу в опалювальну систему коксових печей на гарячу кладку при обігріві коксовим газом повинен проводитися послідовним відкриванням стопорних кранів на висхідному потоку.

е при відкритих реверсивних кранах.

При обігріві коксових батарей доменним газом, пуск його в опалювальну систему проводиться із запаленням газу на висхідному потоці через спеціальні отвори в перехідних патрубках перед подовими каналами регенераторів. При цьому на коксових батареях, обладнаних регулювальними (запірними) клапанами та тарілчастими газовими клапанами, пуск газу здійснюється шляхом відкривання регулювальних клапанів при підключених до кантовочного пристрою тарілчастих клапанів.

На коксових батареях, обладнаних пробковими стопорними та кантовочними клапанами, пуск газу повинен здійснюватися шляхом відкривання стопорних кранів при підключених до реверсивного пристрою кантувальних.

Переведення обігріву коксових печей з коксового газу на доменний газ і навпаки має проводитися на низхідному потоці (регенератори заповнені продуктами згоряння) групами по 10-15 печей у групі.

Чищення та ремонт опалювальної арматури, регенераторів та газорозподільних каналів у кладці коксових печей повинні проводитися з дотриманням таких вимог:

а) при обігріві коксовим газом чищення, ревізія та ремонт арматури на ділянці від розподільного газопроводу до введення в опалювальний простінок, чищення та ремонт корнюрів та дюзових каналів (у печах з нижнім підведенням коксового газу), а також заміна діафрагм та регулюючих стрижнів закривання стопорного крана та відключення реверсивного крана від кантувального механізму;

б) при обігріві доменним газом чищення газоповітряних клапанів та кантувальних кранів для доменного газу повинне проводитися після попереднього закривання регулювального (запірного) клапана;

в) при цьому чищення клапанів повинне здійснюватися тільки при роботі їх на низхідному потоці;

г) чищення кантувального та стопорного кранів при обігріві коксовим та доменним газами повинно проводитись за допомогою спеціальної манжетної пробки тільки після від'єднання провідного важеля від кантувального крана.

Виконувати вищезазначені роботи під час кантівки забороняється.

При чищенні та ремонті газорозподільного каналу, розташованого на обслуговуючому майданчику, біля стопорного крана повинен виставлятися черговий або повинні вивішуватися застережливі написи: «Не вмикати, працюють люди!».

При включенні газу для обігріву коксових батарей забороняється:

- а) одночасно вмикати кілька батарей;
- б) робити кантівку газоповітряних клапанів обігріву інших батарей блоку.

Для запобігання витoku опалювального газу в обслуговуючі тунелі та борова печей повинна проводитися перевірка:

- а) при обігріві коксовим газом - герметичність штуцерів газопроводу, стопорних та кантувальних кранів, кришок клапанів для повітря обезграфіюючого пристрою, а також з'єднання арматури з кладкою;
- б) при обігріві доменним газом - герметичність штуцерів газопроводу, газоповітряних клапанів, стопорних та кантувальних кранів та клапанів, а також приєднання клапанів до регенераторів та борів;
- в) роботи та герметичності кондеусатовідвідників, їх підвідних трубопроводів та арматури.

Перебувати під час кантовки в безпосередній близькості від клапанів для повітря обезграфіюючого пристрою забороняється.

Клапани для доменного газу та продуктів згоряння, а також газові регенератори повинні знаходитися під розрідженням не менше 5 Па (0,5 мм вод. ст.) на висхідному потоці.

Перевірка розрідження в газоповітряних клапанах та газових регенераторах повинна проводитись періодично згідно з інструкцією, затвердженою головним інженером підприємства (виробництва).

Зупинка обігріву коксових печей повинна проводитись у таких випадках:

- а) зниження тиску у розподільчому газопроводі батареї нижче 500 Па (50 мм вод. ст.);
- б) обриву троса або штанги кантувального пристрою на газоповітряних клапанах;
- в) раптового зниження тяги в кнурах;
- г) пошкодження газового тракту, що порушують безпеку експлуатації.

Конструкція дросельних шиберів з автоматичним управлінням приводу для регулювання розрідження в коксових борових батареях повинна передбачати встановлення обмежувачів, що виключають можливість повного закривання шиберів. Обмежувачі повинні бути відрегульовані так, щоб розрідження в клапанах повітряних регенераторів на висхідному потоці печей з нижнім підведенням було не менше 30 Па (3 мм вод. ст.), а в очах повітряних регенераторів печей з бічним підведенням не менше 20 Па (2 мм вод. ст.) (перетворення обігріву, обрив тяги до приводу)

При припиненні обігріву коксових печей та відсмоктування коксового газу, а також при продуванні газопроводів доменним або коксовим газом видача коксу повинна бути припинена, в обслуговуючих тунелях та по всьому газовому тракту коксового блоку печей не допускається ведення вогневих та аварійних робіт, наявність вогню.

Пуск обігріву печей після зупинок повинен виконуватись під керівництвом начальника зміни або змінного майстра.

Зупинка та пуск обігріву, а також переведення з одного газу на інший повинні здійснюватися відповідно до інструкцією, затвердженою головним інженером підприємства (виробництва).

Переведення обігріву коксових батарей з коксового газу на домен дозволяється лише в денний час доби.

У всіх випадках припинення тяги димової труби необхідно негайно зупинити обігрів коксових печей, вивести обслуговуючий персонал з

приміщень батареї та вжити термінових заходів для посилення вентиляції обслуговуючих тунелів та інших приміщень, що примикають до них. У цих випадках забороняється входити в тунелі, що обслуговують, без газозахисної апаратури і без присутності газорятувальника.

Кантувальний механізм повинен бути обладнаний пристроєм для автоматичного припинення подачі газу в опалювальну систему печей при раптовому зниженні тяги в килимах нижче 200 Па (20 мм вод. ст.).

При переведенні батареї на обігрів доменним газом забороняється подавати газ до регенераторів, що працюють на повітрі.

Усі роботи, пов'язані з переведенням батареї на обігрів доменним газом, перевіркою та очищенням газових клапанів, заміною азбестових прокладок на них та інші, необхідно виконувати тільки на низхідному потоці. Для безкорнюрних печей, що обігріваються лише доменним газом, пуск доменного газу в клапани повинен проводитися послідовно із запалюванням газу факелом через отвори в перехідних патрубках газоповітряних клапанів.

Кожна батарея або блок коксових печей повинні мати з обох кінців маршові сходи, що ведуть на верх печей. Вхід на верх печей має бути розташований поза габаритом руху завантажувального вагона. Краї верху печей на ділянках, де немає стояків, а також у торцевих сторонах повинні бути огорожені поручнями заввишки не менше 1,2 м із суцільним бортом по низу заввишки 0,14 м.

При розташуванні вугільної вежі між двома батареями допускається влаштування однієї драбини у вугільній вежі для двох батарей.

Краї обслуговуючих майданчиків з машинної та коксової сторін повинні бути захищені бортами висотою, що забезпечує безперешкодний проїзд коксових машин.

Плити, укладені на обслуговуючих майданчиках, не повинні мати виступів заввишки понад 5 мм.

Пошкоджені плити повинні негайно замінюватись. Поверхня обслуговуючих майданчиків повинна мати ухил та пристрої для стоку води.

Вентиляційні канали анкерних колон повинні бути підняті вище склепіння камери коксування.

На залізничних коліях коксових машин наприкінці їх руху мають бути встановлені глухий кут.

Рейки залізничних колій коксових машин мають бути заземлені з обох кінців.

Стики між рейками мають бути забезпечені надійним електричним контактом.

Машини коксових батарей повинні бути обладнані гальмівними пристроями, що забезпечують їхню надійну фіксацію.

Під час роботи коксових машин у режимі дистанційного керування у місцях можливої появи людей повинні вивішуватися знаки: «Машина працює автоматично».

Опорні пристрої (наприклад, балки, рейки і т. д.) для дверей машини і коксонаправляючих повинні прокладатися вздовж усього фронту печей, включаючи проміжні в кінцеві майданчики.

Силовий та освітлювальний електричні кабелі в місцях, схильних до нагрівання, повинні мати теплостійку ізоляцію.

Між коксовиштовхувачем та машинами коксової сторони має бути забезпечений надійний зв'язок. Робота коксовиштовхувача та машин коксової сторони має бути заблокована.

Механізм пересування коксових машин повинен забезпечувати автоматичне блокування механізмів, увімкнення яких при пересуванні коксових машин може призвести до поломки обладнання або аварії.

Поворотні огорожі, що забороняють вихід у небезпечні місця, повинні бути заблоковані з механізмами таким чином, щоб при відкритих огорожах виключалась можливість увімкнення відповідних механізмів.

Майданчики всіх коксових машин повинні мати перильну огорожу з суцільним бортом по низу заввишки 0,14 м-коду.

Забороняється під час роботи коксових машин:

- а) стороннім особам у кабінах машин;
- б) на верхніх майданчиках вуглезавантажувального вагона в момент його пересування та завантаження печей;
- в) на даху дверей машини під час її пересування, видачі коксу та наявності напруги на троліях;
- г) на сходах та майданчиках електровозу під час його руху.

Для виключення доступу неелектротехнічного персоналу до струмознімальних пристроїв дверей машини вхід на її дах повинен бути закритий на замок.

Проходи між завантажувальним вагоном та обладнанням по всій довжині коксової батареї та під вугільними вежами повинні бути вільними.

У разі неможливості забезпечити вільний прохід між вуглезавантажувальною машиною та колонами або стінами вугільної вежі необхідно передбачати обхідні майданчики із зовнішньої сторони вугільної вежі із встановленням сигнальних пристроїв для попередження про неприпустимість проходу через вугільну вежу.

Коксові батареї повинні бути обладнані пристроями для забезпечення бездимного завантаження коксових камер та безпилової видачі коксу.

Очищення завантажувальних люків від графіту має проводитися спеціальним інструментом перед видачею коксу з печі при закритих дверях та відкритих стояках.

Стінки кабін контакторних панелей дверей зйомкою машини з боку коксонаправляючої та тушильного вагона, а також стінки кабін контакторних панелей вуглезавантажувального вагона з боку стояків повинні бути теплоізовані.

Тролеї коксовиштовхувача та електровоза тушильного вагона, змонтовані на стінах тунелів коксових батарей, по всій довжині повинні бути захищені зверху козирками. У місцях проходу людей під троліями мають бути встановлені заземлені запобіжні сітки, влаштована світлова сигналізація наявності напруги на троліях та вивішені запобіжні плакати.

Конструкція струмознімачів коксових машин повинна унеможливлювати їх падіння.

Ущільнення коксових камер і дверей слід проводити з майданчиків на коксовиштовхувачі і дверей машині, підйомних майданчиків, встановлених на машинах, або підйомних майданчиків, що пересуваються самостійно.

Конструкція дросельних шиберів з автоматичним приводом для регулювання розрідження в келихах коксових батарей повинна передбачати встановлення обмежувачів, що виключають можливість повного закривання шиберів. Обмежувачі повинні бути відрегульовані так, щоб розрідження в клапанах повітряних регенераторів на висхідному потоці печей з нижнім підведенням газу було не менше 30 Па (3 мм вод. ст.), а в очах повітряних регенераторів печей з бічним підведенням не менше 20 Па (2 мм вод.ст.) (припинення обігріву, обрив тяги до приводу регулятора).

Верх коксових печей повинен бути теплоізованим і мати рівну поверхню без вибоїн.

На верхній позначці коксових батарей для відпочинку працюючого персоналу повинні бути влаштовані кабінки, що обігріваються, обладнані кондиціонерами.

Майданчики вздовж газозбірників та газопроводів повинні мати перильні огорожі заввишки не менше 1,2 м із суцільним бортом по низу заввишки 0,14 м.

Стояки коксових печей повинні мати термоізолюючі екрани (щити).

Тунелі печей повинні мати металеві віконні рами або фрамуги, що легко відкриваються. Між тролями та віконними отворами повинні бути встановлені запобіжні сітки.

Тунелі коксових печей та підбатарейні приміщення повинні бути обладнані звуковою сигналізацією. Сигнали повинні подаватися перед початком та протягом усього часу кантовки газоповітряних клапанів обігріву печей.

Фасадні стіни регенераторів та газоповітряні клапани мають бути теплоізольовані.

Ущільнюючі поверхні дверей та рам, планірних лючків, кришок люків та стояків повинні забезпечувати герметичність.

Ремонт та ручне очищення колій тушильного вагона повинні проводитися тільки під час зупинки видачі коксу з обов'язковим зняттям напруги з тролів електровозу під наглядом осіб, відповідальних за проведення цих робіт.

Очищення та ремонт зрошувальної системи вежі гасіння повинно проводитися тільки в денний час із спеціально обладнаним пересувним візком або за допомогою спеціального майданчика на тушильному вагоні з обов'язковим відключенням насосів та зняттям напруги з тролейної мережі, що живить електровози.

Працюючи двох електровозів однією рампу порядок їх пересування повинен визначатися інструкцією, затвердженій головним інженером підприємства (виробництва).

Для безпечної подачі залізничних вагонів перед в'їздом на коксорткування повинні встановлюватися світлофори.

Управління пересуванням грейферного візка на шламових відстійниках має бути дистанційним. Кабіна керування повинна розміщуватись у безпечному місці.

Вхід на обслуговуючі майданчики з коксової сторони (шляхи руху дверей машин) осіб, не пов'язаних з видачею коксу, без дозволу змінного майстра забороняється.

Виконання ремонтних та інших робіт на робочому майданчику коксової сторони та в габариті руху дверей машини без наряду-допуску та дозволу майстра, попередження машиніста та виконання заходів з техніки безпеки, зазначених у наряді-допуску, забороняється.

Скипові підйомники повинні бути обладнані спеціальними пристроями для підвішування ковша під час чищення ями.

Двері, що ведуть у скіпову яму, повинні бути заблоковані з приводом механізму підйомника.

Вугільні вежі повинні бути обладнані затворами з дистанційним керуванням і пневматичним пристроєм для обвалення шихти, що зависла.

Усі механізми повинні мати пристрої, що унеможливлюють помилкове включення електродвигуна при ручному керуванні приводами.

Коксові машини повинні бути обладнані такою сигналізацією:

- а) звуковий, що включається машиністом;
- б) автоматичної під час руху машин (гонг механічний);
- в) автоматичної світлової за напрямком руху машини (ліхтарі з червоним світлом).

Для новостворених та реконструйованих виробництв у кабінах контакторних панелей коксових машин проходи для обслуговування повинні відповідати наступним вимогам:

а) ширина проходів (у світлі) має бути не менше 0,8 м, висота (у світлі) – не менше 1,9 м; у проходах повинно бути предметів, які можуть заважати пересування людей;

б) відстані від найбільш виступаючих неогороджених неізольованих струмопровідних частин (наприклад, відключених ножів рубильників), розташованих на доступній висоті (менше 2,2 м) по один бік проходу, до протилежної стіни або обладнання, що не має неогороджених неізольованих струмоведучих частин, повинні бути не менше: при напрузі нижче 660 В - 1,0 м при довжині щита до 7 м і 1,2 м при довжині щита понад 7 м; при напрузі 660 і вище - 1,5 м;

в) відстані між неогородженими неізольованими струмоведучими частинами, розташованими на висоті менше 2,2 м по обидва боки проходу, повинні бути не менше: 1,5 м при напрузі нижче 660 В; 2,0 м при напрузі 660 і вище;

г) неізольовані струмоведучі частини, що знаходяться на відстанях менших, ніж зазначені в підпунктах «б» і «в», повинні бути огорожені.

Вхідні двері кабін контакторних панелей коксових машин повинні бути постійно зачинені на замок і мати блокування або сигналізацію про їх відкриття, введену в кабінку машиніста.

Обслуговування кабін контакторних панелей повинно проводитись відповідно до «Правил експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів».

Кабіни машиністів коксових машин повинні бути добре ущільнені, теплоізовані, обладнані електричними опалювальними приладами для обігріву в зимовий час. З робочого місця машиніста має бути хороший огляд шляху руху машини та її механізмів. При проектуванні в кабінах всіх коксових машин та контакторних панелей повинні передбачатися кондиціонери для створення нормального мікроклімату згідно з ГОСТ 12.1.005-88.

Підлога в кабінах машиністів коксових машин та контакторних панелей повинна мати діелектричне покриття.

Конвеєри для транспортування коксу з рампи та встановлення сухого гасіння коксу до першого перевантажувального вузла повинні бути обладнані пристроями для автоматичного аварійного догасання коксу на стрічці. Конвеєрні стрічки мають бути виготовлені із термостійких матеріалів, розрахованих на транспортування коксу з температурою до 250 °С.

Для об'єктів, що знову будуються і реконструюються, розсіву коксу повинно передбачатися мокре або сухе прибирання пилу. Прибирання має проводитися щозмінно.

Процеси гасіння та відстою коксу мають бути автоматизовані. Вода, що застосовується для гасіння коксу, повинна відповідати вимогам "Правил технічної експлуатації коксохімічних підприємств", затверджених Міністерством чорної металургії СРСР 13.09.84р.

Відкривання затворів рампи має бути механізованим. Механізація повинна забезпечувати послідовність розвантаження рампи з урахуванням необхідної витримки коксу на ній.

Забороняється спуск із рампи на конвеєрну стрічку шматків недотушеного коксу. Догасання має забезпечуватися на рампі в порядку, встановленому заводською інструкцією.

Приводи механізмів приймання, розсіву та навантаження коксу повинні бути заблоковані та мати звукову та світлову сигналізацію пуску. Управління роботою механізмів має здійснюватись дистанційно. Допускається в окремих випадках ручне управління механізмами та зі спеціальних місцевих постів.

Б.4 Пекококові цехи

Обладнання відділень пекопідготовки та конденсації повинне відповідати вимогам цих Правил та бути аналогічним до обладнання цехів уловлювання та смолопереробки.

Фланцеві з'єднання трубопроводів, якими транспортується рідкий пек, повинні мати захисні кожухи.

За станом обмазування дверей пекококових печей має бути встановлений постійний контроль. Нещільності, що з'являються в обмазці, повинні негайно закладатися розчином.

Пекококові печі повинні бути обладнані паровою інжекцією, що включається у разі викиду пекового газу в атмосферу.

Усі ємності та апарати з рідким пеком мають бути обладнані пристроями, що виключають виділення газу в атмосферу.

При експлуатації пекококових печей забороняється:

- а) відкривати стояки раніше, ніж за 20 хвилин до видачі коксу;
- б) знімати патрубки або відкривати повітряний люк у період інтенсивного газовиділення.

При видачі пеку з куба необхідно стежити, щоб тиск у кубі не перевищував величини, передбаченої технологічною інструкцією.

Вихлопні гази з реактора окиснення пеку повинні піддаватися очищенню та спалюванню.

Розігрів пекопроводу повинен проводитися з боку, зворотного руху пеку.

Пекококсіві цехи повинні мати світлозвукову сигналізацію, що попереджає персонал, що працює на верху печей, про небезпечне підвищення тиску газу в газозбірниках, і автоматичне відкривання печей.

При припиненні відсмоктування газу з камер печококсівих печей завантаження печей пеком негайно припиняється.

При завантаженні пекококсівих печей забороняється:

- а) відкривати стояки;
- б) допускати перевищення заданого рівня пеку у камері.

Забороняється проводити завантаження печей при протіканні пеку через обмазку дверей та кладку в опалювальну систему, а також при порушенні герметичності пекопроводу та завантажувальних пристроїв, що створюють небезпеку викиду пеку та опіків обслуговуючого персоналу.

Завантаження печей повинно проводитися із забезпеченням контролю рівня пеку в камері коксування.

Роботи з обслуговування пекококсівих печей та ділянок навантаження пеку, а також з очищення ємностей від пеку, пекової смоли та дистилляту здійснюються за нарядом-допуском на проведення робіт у газонебезпечних місцях. У наряді-допуску мають бути передбачені заходи безпеки та засоби індивідуального захисту від хімічних опіків.

Б.5 Встановлення сухого гасіння коксу і встановлення сухого гасіння і прокалювання пекового коксу

Експлуатація газових трактів УСГК повинна здійснюватися з дотриманням вимог «Правил безпеки в газовому господарстві підприємств чорної металургії».

Експлуатація парокотельних УСГК повинна проводитися відповідно до «Правил пристрою та безпечної експлуатації парових та водогрійних котлів», затверджених

Місця постійного обслуговування у УСГК мають бути обладнані засобами оперативного двостороннього зв'язку.

Управління роботою підйомників, а також завантажувальних, розвантажувальних та пиловловлюючих пристроїв УСГК має бути автоматизовано. При цьому має бути також передбачено ручне керування.

При зупинці або виході з ладу вентиляції приміщення розвантажувальних пристроїв продуктивність УСГК має бути знижена до мінімальної. При цьому обслуговуючий персонал має бути виведений із приміщення розвантажувальних пристроїв та галерей конвеєрів.

Ремонтні роботи в цьому випадку мають здійснюватися за нарядом-допуском як газонебезпечні.

Вміст кисню в циркулюючому інертному газі має безперервно контролювати автоматичний газоаналізатор. У разі підвищення вмісту кисню більше 1% негайно має бути перевірено вміст кисню в азоті, якщо азот подавався до газового тракту.

Тиск під склепінням камери накопичувача повинен підтримуватися в межах 0-50 Па (0-5 мм вод. ст.). Регулювання тиску повинно здійснюватися шляхом збільшення або зменшення кількості циркулюючого газу, що виводиться із газового тракту.

Температура коксу при виході з розвантажувальних пристроїв має перевищувати плюс 180—250 °З. При цьому робота розвантажувального пристрою повинна бути заблокована з датчиком температури потушеного коксу.

УСГК боргу бути зупинено у таких випадках:

- а) у разі припинення подачі коксу на гасіння або виходу з ладу обладнання камер сухого гасіння коксу;
- б) при виході з ладу димососів, парового котла або його допоміжного обладнання.

Зупинка УСГК з вивантаженням коксу та охолодженням камер, а також подальший розігрів та пуск УСГК повинні проводитись відповідно до інструкції, затвердженої головним інженером підприємства (виробництва).

Планова зупинка димососа повинна проводитись тільки після повного гасіння коксу в камері. Вміст горючих компонентів у циркулюючому газі не повинен перевищувати 4 %.

Подача азоту повинна проводитися у всмоктувальний патрубок димососа, розвантажувальний пристрій і в бункер.

У зв'язку з токсичністю циркулюючого газу під час експлуатації при безперервній роботі завантажувального та розвантажувального пристроїв забороняється:

- а) розкривати та проводити в процесі роботи їх переуцільнення;
- б) виробляти в процесі роботи ревізії та ремонти коксо- та пилерозвантажувальних пристроїв;
- в) працювати та перебувати поблизу розвантажувальних пристроїв при відключенні вентиляції.

Тракт циркулюючого газу: камера гасіння-пилоосаджувальний бункер-котел-циклони-димосос-дутьова коробка-камера гасіння повинен бути уцільнений так, щоб виключалися нещільності, через які може виділятися циркулюючий газ або підсмоктуватися повітря.

Для запобігання утворенню вибухонебезпечного складу циркулюючого газу до нього необхідно подавати технічно чистий азот, вміст кисню в якому не повинен перевищувати 3,5 %, або пар.

Для зниження вмісту горючих компонентів у циркулюючому газі та виключення утворення вибухонебезпечного середовища в газоходах під час аварійних зупинок дозволяється проводити допалювання газів у кільцевому каналі на виході з камери.

Аналіз складу циркулюючого газу на вміст CO, H₂, O₂, CH₄ необхідно проводити безперервно за допомогою автоматичних газоаналізаторів. При

аварійному виході з ладу газоаналізаторів аналіз газу проводити не рідше двох разів на зміну.

При перевищенні вмісту водню в циркулюючому газі вище 8% повинна бути перевірена щільність пароводяного тракту та усунуті виявлені нещільності.

Робота котлоагрегатів УСГК при вмісті водню в циркулюючому газі вище 8% забороняється.

При вибиванні та займанні газу у розвантажувального пристрою необхідно зупинити завантаження та вивантаження, знизити навантаження димососа до припинення викидів газу та усунути причину викидів.

Системи підйому та опускання кузова та завантаження камери повинні бути заблоковані та мати світлову сигналізацію. Автоматичне блокування підйомника повинно виключати вивантаження гарячого коксу з кузова коксовозного вагона при закритому люку, а також мимовільне відкривання завантажувального люка.

При виявленні течі в котлі, збільшення вмісту водню і метану до максимально допустимих величин, встановлених інструкцією, а також порушення герметичності або поломки, що вимагають зупинки камери, в всмоктувальний короб димососа і камеру гасіння через короби розвантажувального пристрою повинен подаватися азот при постійному зниженні циркуляції.

Кабіна машиніста підйомника УСГК повинна бути теплоізольованою, добре ущільненою та опалювальною. З робочого місця машиніста має бути забезпечений повний огляд механізмів, шляхів пересування та захватів кузова з коксом.