

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

(повне найменування вищого навчального закладу)

ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

КАФЕДРА СПЕЦІАЛЬНОЇ ХІМІЇ ТА ХІМІЧНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

На тему: «Вдосконалення технології мокрого гасіння металургійного коксу.»

Виконав: здобувач вищої освіти 4 курсу за
першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
групи ХТкс-17-243

галузі знань(освітньо-професійної програми)

16 «Хімічна та біоінженерія»

(«Радіаційний та хімічний захист»)

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Неля КУРІННА

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник: Дмитро ТРЕГУБОВ

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Рецензент: Володимир ОЛІЙНИК

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Харків
2021 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Факультет (підрозділ) оперативно-рятувальних сил
Кафедра спеціальної хімії та хімічної технології
Галузь знань 16 «Хімічна та біоінженерія»
Спеціальність 161 «Хімічні технології та інженерія»
(назва)
Освітньо-професійна програма «Радіаційний та хімічний захист»
(назва)
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри СХХТ

Олена ТАРАХНО

“ ” 2021 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Курінна Неля Миколаївна

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Вдосконалення технології мокрого гасіння металургійного коксу».

Керівник роботи Трегубов Дмитро Георгійович, доцент кафедри, к.т.н.

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

Затверджено наказом НУЦЗУ від 03.03.2021 №41.

2. Строк подання студентом роботи: _____

3. Вихідні дані до роботи: розробити принципову схему технологічного процесу імпульсного мокрого гасіння коксу, що забезпечує достатню якість металургійного коксу та зменшення забруднення навколишнього середовища.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1: проаналізувати організацію технологічного процесу коксохімічного виробництва.

Розділ 2: проаналізувати небезпеки коксохімічного виробництва.

Розділ 3: проаналізувати переваги та недоліки способів гасіння металургійного коксу.

Розділ 4: проаналізувати можливості технології імпульсного мокрого гасіння та рекомендувати напрямки її поліпшення.

Розділ 5: проробити питання охорони праці на коксохімічному заводі.

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

Презентаційний матеріал на слайдах

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 5	Дейнека В.В.	30.03.2021	

7. Дата видачі завдання 03.03.2021

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Підбір джерел інформації, обґрунтування вибору дослідницьких методик	18.03.2021	Виконано
2.	Складання плану кваліфікаційної роботи	25.03.2021	Виконано
3.	Аналітичний огляд джерел інформації	30.03.2021	Виконано
4.	Робота над розділом: «Напрямки використання радіаційних технологій у народному господарстві»	05.04.2021	Виконано
5.	Робота над розділом: «Джерела радіаційного випромінювання»	13.04.2021	Виконано
6.	Робота над розділом: «Системи радіаційного контролю та захисту»	20.04.2021	Виконано
7.	Робота над розділом: «Проблеми та перспективи використання у якості джерел опромінення радіоактивних відходів»	28.04.2021	Виконано
8.	Робота над розділом: «Охорона праці»	07.05.2021	Виконано
9.	Оформлення звіту про виконання кваліфікаційної роботи, підготовка презентації до захисту	17.05.2021	Виконано
10.	Відправлення кваліфікаційної роботи на рецензування	25.05.2021	Виконано
11.	Представлення завершеної кваліфікаційної роботи на допуск до захисту	28.05.2021	Виконано
12.	Оформлення супровідної документації. Підготовка до захисту.	05.06.2021	Виконано

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Неля КУРІННА
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Дмитро ТРЕГУБОВ
(Власне ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Звіт про КР: 50 с., 12 рис., 7 табл., 27 джерел.

Ключові слова: коксохімічне виробництво, гасіння коксу, сухе гасіння, мокре гасіння, імпульсне гасіння, безпеки гасіння, якість коксу.

Об'єкт досліджень: мокре гасіння коксу на коксохімічному виробництві імпульсним методом.

Мета роботи: визначити напрямки покращення технологічних характеристик мокрого гасіння коксу.

Стислий зміст роботи та висновки. Коксохімічне виробництво є підприємством високотемпературної переробки коксівного вугілля з метою отримання, головним чином, металургійного коксу. В цьому процесі утворюється карбоновий залишок (кокс) та велика кількість коксового газу внаслідок розкладання вугілля.

Небезпечною проблемою при видачі коксу з печі – є загоряння розжареного коксового пирога після його потрапляння на повітря. Цю проблему вирішують шляхом або мокрого гасіння коксу фенольними водами, або сухого гасіння негорючою сумішшю димових газів, що дозволяє повертати тепло коксового пирога на опалювання коксової печі, але при цьому значно збільшується навантаження на очисні споруди знешкодження стічних вод, а також необхідне значне переобладнання заводу, але у той же час – необхідна наявність аварійної установки мокрого гасіння.

В процесі охолодження й переробки коксового газу утворюється багато стічних вод з великим вмістом багатьох шкідливих речовин, наприклад, фенолів. Мокре гасіння дозволяє ліквідувати та знешкодити їх частину. Але при цьому забруднюється атмосфера та погіршується якість коксу внаслідок забруднення запахами й утворення дрібних фракцій внаслідок теплового удару. Цю проблему вирішують шляхом імпульсної подачі води на гасіння для отримання лінійного зменшення температури середини куску коксу та зменшення градієнтів температури у коксі. При цьому не враховано можливість створення мокрого гасіння таким чином, щоб інтенсифікувати руйнування шкідливих домішок води на розжареному коксі. В даній роботі запропоновано змінити графік імпульсного мокрого гасіння для більш ефективного знешкодження стічних вод. Для цього використано більш короткі імпульси подачі води.

Область використання: процес гасіння коксу в коксохімічному виробництві.

Зміст

Перелік умовних позначень.....	6
Вступ.....	7
Розділ 1. ОГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА	8
1.1. Загальна схема коксохімічного виробництва.....	8
1.2. Робота коксового цеху	10
1.2.1. Піч для коксування вугілля.....	11
1.2.2. Отримання товарного коксу.....	13
1.3. Робота цеху уловлювання.....	14
1.4. Очищення стічних вод та оборотне водопостачання на коксохімічному заводі.....	16
Розділ 2. НЕБЕЗПЕКИ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА.....	18
2.1. Джерела утворення газоподібних викидів на КХВ.....	18
2.2. Джерела утворення рідких викидів на КХВ.....	20
2.3. Забруднення навколишнього середовища при мокрому гасінні.....	22
Розділ 3. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СПОСОБІВ ГАСІННЯ КОКСУ.	24
3.1. Мокре гасіння коксу.....	24
3.2. Сухе гасіння коксу.....	30
Розділ 4. ІМПУЛЬСНЕ МОКРЕ ГАСІННЯ КОКСУ.....	33
4.1. Можливості, що забезпечує імпульсна подача води	33
4.2. Хімічні реакції, що можуть відбуватись на гарячому коксі під час мокрому гасіння	35
4.3. Двоступінчасте мокре гасіння коксу з імпульсною подачею води.....	38
Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	43
ВИСНОВКИ.....	48
Перелік джерел інформації.....	49

НУЦЗУ.2.16-47. СХ та ХТ РПЗ-02					
Зм	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	
Розробив		Курінна Н.М.			
Перевірив		Трегубов Д.Г.			
Н. контр		Скородумова О.Б			
Затв.		Тарахно О.В.			
Вдосконалення технології мокрому гасіння металургійного коксу			Літ.	Лист	Листів
				5	86
			ХТкс – 16 – 243		

Перелік умовних позначень

ДСК - диференційна скануюча калориметрія

УСГК - установки сухого гасіння коксу

КХВ – коксохімічне виробництво

КХЗ – коксохімічний завод

ПГК - прямиий коксовий газ

КВС - кам'яновугільної смола

ПКГ – прямиий коксовий газ

СБ – сирий бензол

УСГК - установка сухого гасіння коксу

ЛЗР – легкозаймиста рідина

ГР – горюча рідина

ГДК – граничнодопустима концентрація

ЛПЗ - лікувально-профілактичних закладах

ЦУ – цех уловлювання

КЦ – коксовий цех

КГ – коксовий газ

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						6
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

ВСТУП

Традиційно наявність вугільних басейнів супроводжується можливістю формування коксохімічної та металургійної промисловості. Металургійний кокс становить найважливіший компонент сировини в доменному процесі, тому його транспортування, а також і сировини для нього, економічно не вигідно. Тому розташування коксохімічного виробництва тяжіє саме до вугільних басейнів, де й розташовують металургійні заводи. Крім того, коксохімічні заводи часто кооперують з виробництвами аміаку і азотної кислоти, основного органічного синтезу, барвників, карбїду кальцію, вибухових речовин, ракетного палива та пластичних мас, в яких в якості сировини використовуються продукти коксохімії.

Коксохімічне виробництво є підприємством високотемпературної переробки коксівного вугілля з метою отримання металургійного коксу. При коксуванні утворюється велика кількість коксового газу, який містить багато цінних органічних речовин. В процесі охолодження коксового газу та його переробки утворюються значні об'єми стічних вод, які характеризуються великим рівнем забруднення різними речовинами. В межах такого виробництва виникає багато небезпек технологічного та хімічного характеру.

Однією з таких небезпек – є загоряння розжареного коксового пирога після виштовхування з печі на повітря. Цю проблему вирішують шляхом гасіння коксу. Існує два напрямки реалізації цього процесу: мокре гасіння стічними фенольними водами, що забезпечує ліквідацію частини стічних вод, але забруднює повітря; сухе гасіння негорючою сумішшю димових газів, що дозволяє повертати тепло коксового пирога на опалювання коксової печі, але значно збільшується навантаження на очисні споруди знешкодження стічних вод. Також влаштування установок сухого гасіння коксу потребує переобладнання заводу.

Таким чином, однією з актуальних задач багатьох коксохімічних виробництв є зменшення кількості небезпечних викидів за рахунок вдосконалення технології мокрого гасіння.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						7
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

РОЗДІЛ 1. ОГАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

1.1. Загальна схема коксохімічного виробництва

Коксохімічний виробництво є підприємством металургійної промисловості. За видом виробничої діяльності відноситься до підприємств чорної металургії, підгалузь – коксохімія. Сучасне коксохімічне підприємство – це великомасштабне комплексне виробництво, в якому утилізуються і переробляються всі компоненти коксівної сировини. Існує два типи коксохімічних підприємств: заводи з повним циклом коксохімічного виробництва, що розміщуються окремо від металургійних підприємств, та ті, що входять до складу металургійних комбінатів і розміщуються на одному майданчику з ними [1].

Коксування – процес перетворення природного палива, головним чином, кам'яного вугілля, на кокс та іншу цінну продукцію нагріванням у печах за високих температур без доступу повітря. Спочатку вугілля коксували для отримання коксу та світільного газу, який після очищення від кам'яновугільної смоли використовували для освітлення та опалення. У другій половині 19 ст. кам'яновугільну смолу стали використовувати як цінну сировину для отримання багатьох органічних речовин.

За призначенням всі цехи коксохімічного заводу поділяються на основні та допоміжні, див. рис 1.1, до основних виробничих відносяться:

- а) вуглепідготовчий цех (ВПЦ), де здійснюються прийом, зберігання і підготовка вугілля до коксування, формування вугільної шихти;
- б) коксовий цех (КЦ) займається переробкою вугільної шихти з одержанням цільового продукту коксу і прямого коксового газу (ПКГ);
- в) цех уловлювання (ЦУ) здійснює охолодження ПКГ і виділення з нього хімічних продуктів: сирого бензолу, кам'яновугільної смоли (КУС), з'єднань аміаку;
- г) переробні цехи (смолеперегоний, ректифікаційний та інші) перероблює хімічні продукти, що надходять з цеху уловлювання, з отриманням готової продукції: індивідуальні ароматичні вуглеводні, нафталін, фталевий ангідрид, феноли і піридинові основи, пек, пековий кокс та ін.

Допоміжні цехи: залізничний, ремонтний, енергетичний, господарський, центральна заводська лабораторія.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						8
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

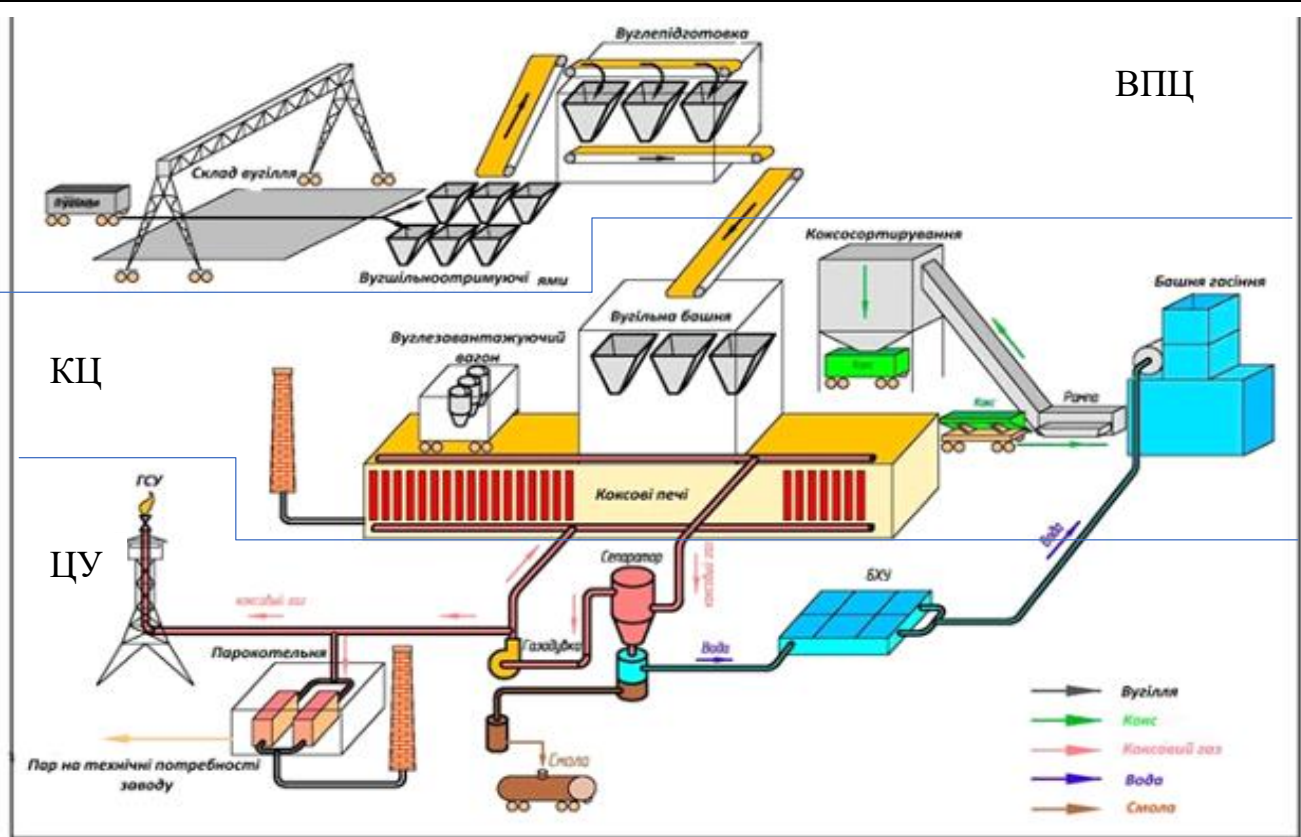


Рис.1.1. Технологічна схема коксохімічного виробництва.

Для коксування беруть суміш вугілля різних видів з таким розрахунком, щоб у процесі коксування утворилася достатня кількість летючих речовин, а металургійний кокс мав певну пористість та міцність. Процес коксування здійснюється на коксохімічних заводах, де переробляється жирне вугілля (з виходом летючих речовин 10-30 %) та на газових заводах, де переробляють газове вугілля з виходом летючих речовин 35-40 %.

Основні продукти коксування кам'яного вугілля: металургійний кокс та коксовий газ. Коксовий газ – це легкий продукт коксування, суміш водню (у масових відсотках від сухого вугілля: 1,5–1,7 %), метану (5,5–6,5 %), оксиду вуглецю (2,6–2,8 %), азоту (2,1–2,4 %) та його оксидів, вуглекислого газу (1,2–1,3 %), етилену та його гомологів (1,2–1,25 %). Крім того, коксовий газ містить пари смоли, ароматичні вуглеводні, аміак, сірководень, нафталін, органічні сполуки сірки, сполуки германію, а також пірогенетичну вологу.

Кокс, що отримано з жирного та коксівного вугілля, використовують в металургії, а отриманий з газового вугілля застосовують як паливо та у виробництві синтез-газу та карбиду кальцію. Гарячий кокс після завершення коксування охолоджують на рампі стічною водою, яка пройшла первинне біохімічне очищення.

Складна суміш газів та парів, що утворюється в процесі коксування, має назву пря-

мого коксового газу (ПКГ), див. схему на рис.1.2 [2].

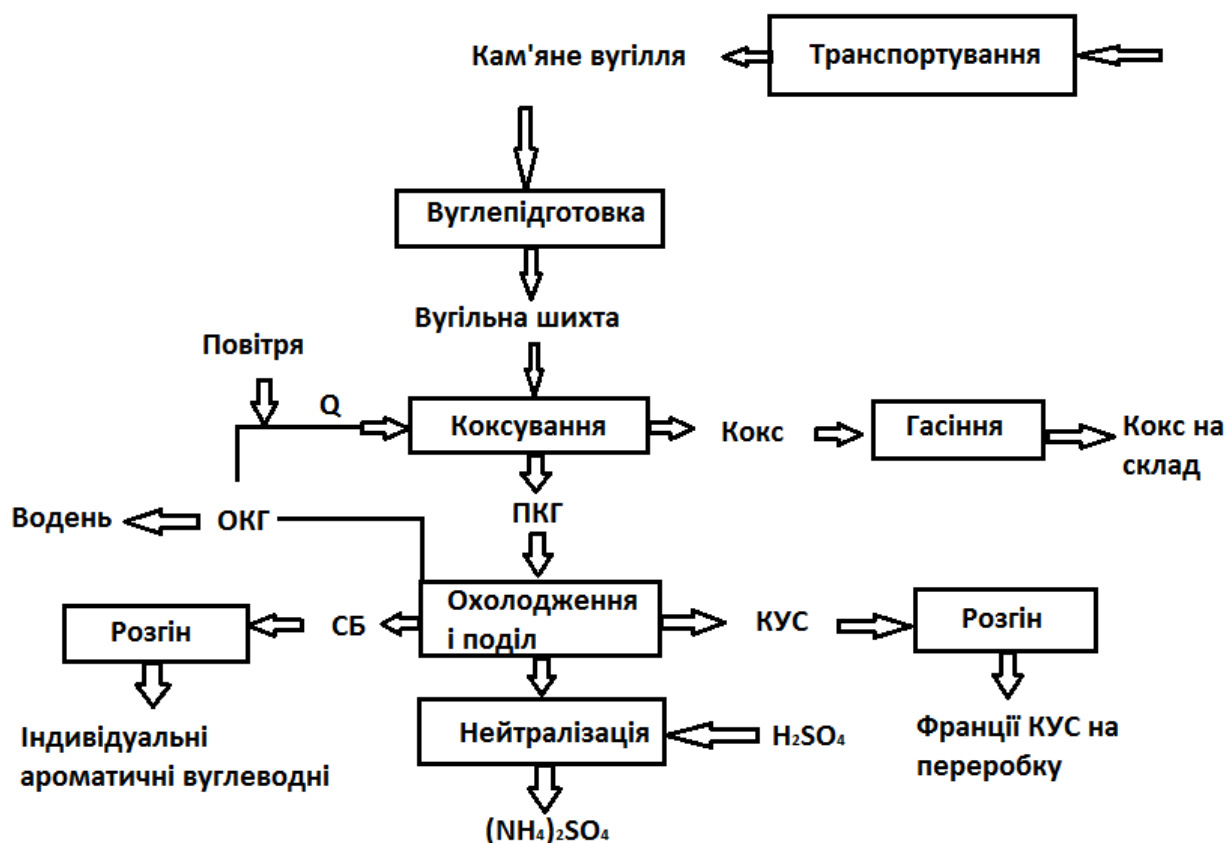


Рис.1.2. Блок-схема коксохімічного виробництва.

ПКГ охолоджується та переробляється в хімічних цехах уловлювання коксохімічного заводу. При охолодженні коксового газу утворюється надсмольна вода, з якої шляхом обробки вапняним молоком одержують аміак. Кам'яновугільну смолу (КУС) розділяють шляхом перегонки на арени, феноли, похідні піридину, що є цінним продуктом для виробництва барвників, розчинників, вибухових речовин, лікарських та духмяних препаратів, пестицидів тощо. Кубовий залишок перегонки смоли, кам'яновугільний пек, використовується для виготовлення асфальту та ущільнюючих засобів.

1.2. Робота коксового цеху

Процес коксування проводять в камерних печах. Декілька десятків таких камер (близько 70), розташованих паралельно, утворюють коксу батарею. Між кожною парою камер є нагрівальні простінки для руху гарячих топкових газів і обігріву печі. Для підвищення економічності використовують регенератори, які розташують безпосередньо під камерами. В них продукти горіння топкового газу нагрівають насадку з вогнетривкої цегли, а за рахунок тепла насадки відбувається попередній нагрів повітря та топкового

Сучасна коксова піч – це камера з вогнетривкої цегли висотою близько 4 м, довжиною 14 м, шириною 0,4 м, яка вміщає 15 т та більше вугілля й обігривається гарячими газами. Вогнетривким матеріалом камери коксових печей є динасова цегла (кварц з добавкою вапна), яка добре проводить тепло і витримує високі температури до 1400 °С без розм'якшення. Схема роботи печі наступна. Заготовлену шихту з вугільної башти 6 зсипають в завантажувальний вагон 7, який загрузає камеру печі. Нагрів вугілля проводять 14-20 годин в залежності від якостей шихти. Коксування завершується з утворенням міцного коксового пирога та появою у ньому ефекту розтріскування. Далі знімають двері камери і виштовхують коксовиштовхувачем 8 коксовий пиріг з печі в гасильний вагон 11. Коксова батарея має в середньому 70 камер, тому перерви у видачі коксу складають всього 15-20 хв. Завдяки цьому процес коксування вугілля, будучи періодичним, наближається до безперервного [4].

Під час коксування летючі продукти коксування відводять по газовідводу 4 до газозбірнику 5, звідки по газопроводу направляють в на переробку в цех уловлювання. Газовиділення майже припиняється при 800 °С та завершується до 1000 °С. Під камерами батареї розташовано димовий бороз для відводу димових газів в загальну для всієї батареї димову трубу.

Система обігріву коксової печі складається з каналів, де спалюється коксовий газ, отриманий в процесі коксування, або інший горючий газ з низькою теплотворною здатністю (наприклад, доменний або генераторний). Щоб в камері печі підтримувалася температура 1100-1200 °С, продукти горіння у каналах повинні бути нагріті до ще більш високої температури. Працює дві групи регенераторів тепла. Поки одна з них нагрівається димовими газами, що відходять, інша нагріває повітря або низькокалорійний газ, що йде на опалювання печі. Регенератори перемикають кожні 20-30 хв.

На коксування 1 кг вугільної шихти витрачається в середньому близько 2512кДж тепла. З 1 т шихти з вологістю 6 % отримують при коксуванні наступні продукти (орієнтовні дані в кг), табл.1.1 [5]:

Важливими елементами нормальної експлуатації печей є підтримання в робочому стані кладки коксових печей та допоміжного обладнання. Умовою продуктивності коксової батареї та збереження нормативного терміну її служби, є дотримання режимів: температурного, гідравлічного, завантаження шихти, видачі коксу, опалювання та

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						12
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

охолодження. Експлуатація коксових печей здійснюється відповідно до "Правил технічної експлуатації коксохімічних підприємств" [6].

Таблиця 1.1. Утворення продуктів коксування

Продукт коксування	Маса, кг/т шихти
Кокс сухий	730
Газ сухий	140 (300 м ³)
Смола кам'яновугільна	30
Бензолні вуглеводні	10
Аміак	3
Водний конденсату	80
Разом	993
Втрати при коксуванні	7

1.2.2. Отримання товарного коксу

Після закінчення коксування кокс виштовхують із печі коксовиштовхувачем. Розжарений кокс потрапляє до гасильного вагона 11 (рис.1.3), пересувається у гасильну вежу 12, де його обливають водою з метою охолодження. В процесі мокрогасіння частина води проливається наскрізь і може бути використана для наступного гасіння або деяких технічних потреб. Після стоку води з вагона охолоджений кокс розвантажується на похилу площадку коксової рампи, що вміщає кокс з 4-5 печей. Домішки, які залишилися у воді після біохімічного очищення, частково руйнуються, частково залишаються у воді, частково з парою переходять у повітря. Застосовують також сухе гасіння коксу.

Охолоджений кокс зсипають на похилий майданчик 13, звідки він транспортером 14 подається на сортування. Сортування коксу починається після витримки для закінчення випаровування води, після чого кокс подається на сортування на грохоти, де кокс розсівають на класи: до 10 мм, 10-25 мм, 25-40 мм, +40 мм, див. рис.1.4. Кокс у вигляді шматків розміром 25-40 мм називають металургійним, оскільки найчастіше він використовується в доменних печах. Для доменного виробництва застосовується фракція +40 мм, в кольоровій металургії фракція 10-25 мм, для виробництва карбиду кальцію фракція 25-40 мм. Коксовий дріб'язок використовується при агломерації залізних руд.

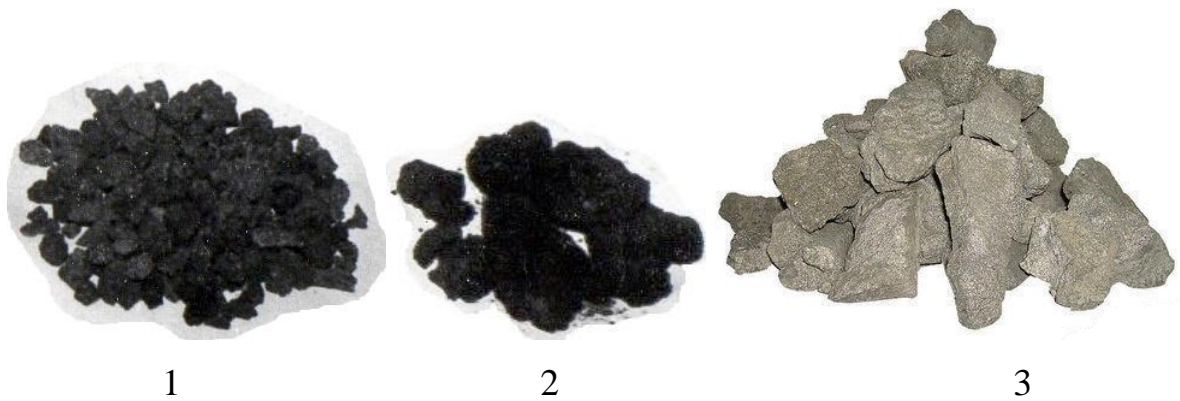


Рис.1.4. Товарні фракції коксу: 1 – фракція ≤ 10 мм, 2 - фракція 10-25 мм, 2 - фракція 25-40 мм

Якість металургійного коксу регламентується стандартом [ГОСТ 5.1261-72] [7]. Вміст у коксі золи не повинен перевищувати 9-10 %, сірки – 1,2-1,7 %, вологи – 6 %. Кожен відсоток золи в коксі підвищує на 2,5 % його витрату на тонну чавуну; кожний 0,1% сірки в коксі знижує продуктивність доменної печі на 1,0-2,0 %. Наявність у коксі фосфору збільшує крихкість виплавленого на цьому коксі металу [8].

1.3. Робота цеху уловлювання

Важливим процесом на коксохімічному підприємстві є процес конденсації та уловлювання летких продуктів коксування: аміаку, піридинових лугів та речовин, що не сконденсувалися. За різноманітністю і складності технологічних процесів і вирішуваних завдань, за апаратним оформленням та умов обов'язково безперервності процесів цех уловлювання серед інших хімічних виробництв коксохімічної промисловості є найскладнішим [9]. Летючі продукти, що виділяються при коксуванні, утворюють прямий коксовий газ (ПКГ), вони складають до 15% від маси коксованої шихти, або близько 300 м³ на 1 тонну шихти.

Таблиця 1.2. Основні компоненти ПКГ

Речовина	Вміст, г/м ³
Пари води (пірогенетичної та вологи шихти)	250-450
Кам'яновугільна смола (пари)	80-150
Ароматичні вуглеводні	30-40
Аміак	8-13
Нафталін	До 10
Сірководень	6-40
Ціаністий водень	0,5-2,5

Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата

Леткі продукти коксування з печі з температурою 650-670 °С потрапляють в газозбірну трубу, де ПКГ усереднюється. Первинне охолодження до 85-90 °С та конденсацію газу за рахунок розпорошення холодної аміачної (надсмольної) води проводять в сепараторі, додаткове охолодження – в холодильнику до 30-35 °С, де конденсується додаткова кількість смоли, сирого бензолу та з'єднань аміаку. Газ, що виходить з холодильника, містить смоляний туман, який виділяють в електрофільтрах, подають далі у наступне відділення.

В процесі переробки газового конденсату отримують сульфат амонію, піридинові основи, фенол, сирий бензол, сірчану кислоту, сірку та інші продукти. Отримані хімічні продукти після цеху уловлювання направляють на подальшу переробку для отримання товарних хімічних продуктів. Конденсат газу являє собою кам'яновугільну смолу і надсмольну воду. Вода, що утворилася в процесі переробки конденсату газу проходить первинні стадії очищення і надходить на установку біохімічної очистки стічних вод, звідки подається на вежу гасіння для охолодження коксу, за умови наявності установки сухого гасіння коксу стічні води подають на доочистку на міські очисні споруди.

Призначення ЦУ – забезпечити охолодження коксового газу і виділення з нього смоли, нафталіну, водяної пари, очистку газу від смоляного туману, а також уловлювання хімічних продуктів: аміаку, піридинових основ, фенолів, бензольних вуглеводів. У цеху з ПКГ витягуються основні компоненти не у вигляді індивідуальних хімічних сполук, а у вигляді суміші з них: кам'яновугільної смоли (КУС) та сирого бензолу (СБ). Всі з'єднання аміаку і вільний аміак переробляються при цьому в сульфат амонію. Сирий бензол і кам'яновугільна смола є багатоконпонентними системами, які потребують переробки для виділення з них індивідуальних продуктів, вільних від домішок.

Вихід продуктів коксування залежить від ступеня вуглефікації, насипної щільності, виходу летких і вологості вугільної шихти, конструкції печей, режиму коксування (температури) та інших факторів. Зокрема вихід КУС і СБ вище для вугілля з великим вмістом летких речовин, тобто марок «Г» і «Ж». Цим, крім якості коксу, пояснюється використання при складанні вугільної шихти вугілля цих марок.

У цехах уловлювання проводиться очищення та охолодження коксового газу:

- охолодження коксового газу в трубчастих газових холодильниках з використанням оборотної технічної води;
- використання тепла коксового газу для нагріву поглинальних розчинів сіркоочищення;

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						15
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

- очищення коксового газу від туманоподібної смоли в електрофільтрах;
- відстоювання надсмольної води від кам'яновугільної смоли та фусів в освітлювачах;
- дешламація смоли в центрифугах (трікантерах);
- очищення надсмольної води з розкладанням зв'язаних солей аміаку;
- очищення коксового газу від аміаку до $0,03 \text{ г/м}^3$ з отриманням сульфату амонію, витяг аміаку водою з подальшою десорбцією і розкладанням зв'язаного аміаку;
- кінцеве охолодження коксового газу в закритих системах з використанням теплообмінного обладнання, без викиду шкідливих речовин в атмосферу;
- уловлювання бензольних вуглеводнів і нафталіну;
- нагрівання кам'яновугільної смоли в трубчастих печах для виділення бензолу;
- нагрів та охолодження поглинального масла в спіральних теплообмінниках.

Більшість цих процесів коксохімічному виробництві є безперервними, що підвищує продуктивність апаратури, покращує якість виділяються з ПКГ продуктів і дозволяє автоматизувати технологічні процеси.

Кінцевими продуктами на стадії уловлювання та поділу ПКГ стають кам'яновугільна смола, сирий бензол, сульфат амонію і зворотний коксовий газ. Вихід цих продуктів від маси коксованої шихти (в розрахунку на суху шихту) представлений у табл.1.3 [10].

Таблиця 1.3. Вихід продуктів коксування

Продукт	Вихід продуктів, масові частки
Кокс	0,77-0,73
Кам'яновугільна смола	0,03-0,04
Сирий бензол	0,01-0,012
Сульфат амонію	0,01-0,013
Зворотний коксовий газ	0,15-0,18

1.4. Очищення стічних вод та оборотне водопостачання на коксохімічному заводі

Відомі різні напрямки знешкодження стічних вод: більш повна реалізація оборотного водопостачання (зменшення об'єму стічних вод), зменшення забруднення стічних вод, дотримання вимог експлуатаційних технологічних режимів, пошук і впровадження високоефективних методів очистки (деструктивних або регенеративних), очистка локальних стоків, визначальних забруднення загального стоку по якомусь одному компоненту.

В технології КХВ не передбачається змін, які б суттєво вплинули на скорочування

водоспоживання і водовідведення. Тому проблема ліквідації стоку і екологічності технології повинна вирішуватися шляхом заходів: перевод КХВ на оборотне водопостачання, впровадження ефективних водопідготовок, максимальне скорочування кількості стічних вод, глибока очистка і утилізація їх всередині виробництва, очищення концентрованих локальних вод з наступним доочищенням на біохімустановці у складі загального стоку. Використання спеціальних схем водообробки: 1) роздільне біохімічне очищення безсолевих і солевмісних стоків; 2) подача очищених безсолевих вод в оборот, а солевмісних – на мокре гасіння коксу (розбавлених на 50%). В багатьох випадках глибина очищення стічних вод, необхідна для реалізації оборотного водопостачання, досягається важко.

В промисловості для витягу фенолів використовують пароциркуляційний метод. Установки рентабельні за концентрації фенолів у стоці – більше 2 г/дм³. Однак досягається лише до 90 % обезфенолювання з залишковою концентрацією фенолів 0,15 – 0,3 г/дм³. У зв'язку з цим проводять доочищення: біохімічне окиснення або мокре гасіння коксу.

Біохімічне окиснення дозволяє досягти високого ступеню окислення основних токсичних домішок води. (феноли – до СО₂ і води). Для високої ефективності біохімічного очищення вода і технологічний процес повинні задовольняти певним: рН, температура води, концентрація домішок, потреба в кисні, постійність потоку води, попереднє очищення від смол та масел. Процес очищення тривалий, що обумовлює необхідність одночасної обробки великих об'ємів води, а тому установок великих габаритів й значних площ.

Використання стічних вод для мокрого гасіння коксу – простий спосіб їх ліквідації. Але 50–60% фенолів з води при цьому потрапляє в атмосферу зі зниженням їх вмісту у воді після гасіння – 15%. Вміст зв'язаного аміаку, роданидів і хлоридів у воді після гасіння зростає на 5–20%, вносяться домішки в кокс, відбувається корозія металоконструкцій в зоні гасіння. Концентрація фенолів у використовуваній воді обмежена: 0,05 г/дм³.

Існує проблема узгодження якості стічних вод на різних етапах очищення, для забезпечення можливості очищення на наступному етапі. Важливим є контроль та якість води, що потрапляє на біохімічне очищення: необхідно контролювати та знижувати зміни смол, масел, бенз-а-пірену, які пригнічують життєдіяльність мікроорганізмів. Зрив роботи біохімічної установки призведе до катастрофічних наслідків у плані забруднення водного басейну. Тому на КХВ необхідно вдосконалити систему водопідготовки, водоочищення для організації замкненого водопостачання з врахуванням можливостей мокрого гасіння.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						17
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

РОЗДІЛ 2. НЕБЕЗПЕКИ КОКСОХІМІЧНОГО ВИРОБНИЦТВА

Головну небезпеку на КХВ становить утворення газоподібних та рідких викидів, забруднених токсичними речовинами. Небезпеку для роботи персоналу створюють високі температури коксування та робота різноманітних механізмів. Також небезпеку викликає утворення в процесі виробництва багатьох шкідливих речовин (реагентів та продуктів переробки), які зберігаються та обертаються у значній кількості. Аварійний вихід цих речовин може викликати пожежну, хімічну, біологічну небезпеки. До основних джерел забруднення навколишнього середовища за умови діяльності металургійних заводів відносять коксохімічне виробництво. Всі відомі технологічні процеси коксохімічного виробництва супроводжуються утворенням великої кількості відходів у вигляді шкідливих газів та пилу, шлаків, шламів, стічних вод, що містять різні хімічні компоненти, які забруднюють атмосферу, воду та поверхню землі [11].

Однією з найнебезпечніших речовин, що утворюються на КХВ у великих обсягах, є фенол, який як виділяють у чистому вигляді з надсмольної води у скруберах, так і зіткаються з ним у коксохімічних продуктах: кам'яновугільна смола, сирий бензол, стічні води. Потрапляння фенолу у питне водопостачання обмежено внаслідок його токсичності та продуктів хлорування при водопідготовці – хлорфенолів. ГДК фенолу у питній воді становить $0,001 \text{ мг/дм}^3$, а у повітрі робочої зони 20 мг/м^3 або середньодобова $0,003 \text{ мг/м}^3$ [ДСП-ГДК]. В той же час, у разі мокрого гасіння коксу фенольними водами у повітря разом з парою води потрапляє пара фенолу, які з парогазового шлейфу створюють крапельні опади, а сама пара у концентраціях фенолу, що перевищують ГДК, поширюється до 1 км.

Однією з найвідоміших аварій з аварійним витіканням фенолу є аварія 1989 р. в Уфі, коли розлилося 90 м^3 фенолу [12]. В деяких місцях концентрації фенолу перевищували норму у 100 тисяч разів. У питній воді – у 30 разів. Тому на пів року було припинене питне водопостачання Уфи з природних джерел, а здійснювалося привозною водою.

2.1. Джерела утворення газоподібних викидів на КХВ

Загальна кількість шкідливих речовин, що викидаються усіма цехами (крім ТЄЦ), становить $6,7 \text{ кг}$ на 1 т коксу, з них $4,6 \text{ кг}$ утворюється коксовим цехом. КХВ забруднює атмосферу оксидом та діоксидом вуглецю, оксидом сірки. Продукти горіння, що викидаються в атмосферу з димарів коксових батарей при опалюванні коксівним газом з

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						18
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

вмістом сірководню $2,5-3 \text{ г/м}^3$ забруднюють атмосферу сірчистим ангідридом і оксидами азоту (в перерахунку на NO_2) у кількості $700-1000$ та $150-180 \text{ мг/м}^3$, відповідно. На 1 т перероблюваного вугілля виділяється близько $0,75 \text{ кг}$ діоксиду сірки та по $0,03 \text{ кг}$ різних вуглеводнів та аміаку. Поблизу коксохімічних заводів середні рівні вмісту в повітрі діоксиду сірки (сірчаного газу) складають від $0,05$ до $0,2 \text{ мг/м}^3$.

Цехи сіркоочистки коксохімічних заводів обладнані електрофільтрами, через які в атмосферу потрапляють сірчаний газ, сірководень, діоксид азоту, аерозоль сірчаної кислоти. Вміст сірководню у цих газах складає $0,14 \text{ мг/м}^3$, а діоксиду азоту $0,9 \text{ мг/м}^3$. На відстані 1 км від цеху сіркоочистки в повітрі міститься до $0,2 \text{ мг/м}^3$ сірчаного газу. Окрім газів, коксохімічне виробництво викидає в атмосферу велику кількість пилу: на 1 т переробленого вугілля виділяється близько 3 кг вугільного пилу. Велика кількість пилу виділяється при розвантаженні вугілля – близько $0,005\%$ від його маси, див. табл.2.1 [13].

Таблиця 2.1. Концентрації шкідливих речовин викидів коксовій батареї, мг/м^3

Джерело викидів	HCN	NH_3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	H_2S	SO_2	Пил
Завантаження печі	7-56	14-64	7-17	45-290	640	150-215
Стояк коксової печі	42	9-15	11	772	4880	-
Видача коксу	35-63	92-103	12-23	46-69	220	3550-13700

Велика кількість шкідливих речовин виділяється атмосферу при гасінні коксу фенольними стічними водами, див. табл.2.2.

Таблиця 2.2. Концентрації шкідливих речовин викидів мокрого гасіння, мг/м^3

Джерело викидів		HCN	NH_3	$\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$	H_2S	SO_2
Гасіння стічною водою	Гасильна башта (пара)	15,2	119,6	68,2	96,3	110
	Коксова рампа	9,6	34,5	7,3	6,5	70
Гасіння технічною водою	Гасильна башта (пара)	14,5	32,2	2,7	90,0	100
	Коксова рампа	2,2	3,4	0,6	2,6	43

У таблиці 2.2 наведено дані щодо вмісту шкідливих речовин, які викидаються в атмосферу при мокрому гасінні коксу технічною та стічною водами. Склад технічної води для гасіння, мг/л : HCN – $0,4$, зв'язаний аміак у перерахунку на NH_3 – 24 , $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ – $0,2$; стічної: HCN – $58,1$, зв'язаний аміак у перерахунку на NH_3 – $68,0$, $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$ – $58,4$, H_2S – $6,8$.

Дані таблиці показують, що при гасінні стічною водою забруднення атмосфери відбувається в основному аміаком і фенолами, а сірководнем, ціанистим воднем і сір-

чистим ангідридом – при виділенні останніх з розпеченого коксу. H_2S утворюється майже однаково – як при гасінні фенольною, так і технічною водою, що свідчить про те, що він є наслідком наявності сірки у коксі. Сірководень підвищує корозійну активність пари мокрого гасіння. Сірководень та фенол, що викидаються в атмосферу, не фіксуються у пробах повітря на відстані 2 км та більше від вежі гасіння.

Великий внесок у забруднення атмосфери надають градирні кінцевого охолодження коксового газу цеху уловлювання (на охолодження подають $730 \text{ м}^3/\text{год}$ води).

Таблиця 2.3. Склад й кількість шкідливих речовин градирні кінцевого охолодження КГ

Шкідливі речовини	Концентрація шкідливих речовин			Надходження в атмосферу, кг/год	
	у воді, мг/л		у повітрі мг/м ³	води	газової фази
	до градирні	після градирні			
Ціаністий водень	131,4	71,6	106,2	44,3	50,8
Сірководень	25,5	5,5	5,6	14,8	15,0
Феноли	816,0	725,0	12,3	67,3	5,9
Аміак летючий	40,0	34,6	4,7	4,0	2,1
Аміак загальний	358,7	231,2	-	-	-
Вуглець	-	-	295,0	-	141,4

Таким чином, градирні циклу кінцевого охолодження КГ значно забруднюють атмосферу ціаністим воднем, сірководнем та фенолами. Існує невідповідність між кількістю фенолів в повітрі після градирні та у воді. Викиди в атмосферу їх містять значно менше, стічна вода, що свідчить про наявність окиснення фенолів на градирні [14].

2.2. Джерела утворення рідких викидів на КХВ

Зі стічних вод коксохімічного виробництва (фенольних, шламових, продувних, дощових, дренажних, забруднюючого конденсату пари) найбільшу екологічну небезпеку становлять фенольні – внаслідок високого вмісту у них високотоксичних речовин (фенолів, ціанідів, роданидів, аміаку, масел і інші). Так, по вмісту такого канцерогену, як бенз(а)перен, стічні води коксохімічних заводів більше забруднені навіть у порівнянні з стоками нафто і сланцепереробних підприємств.

Фенольні стічні води виникають на різних етапах переробки прямого коксового газу в хімічних цехах коксохімічного заводу. Загальний об'єм фенольного стоку визначається насиченістю коксового газу парами води і кількістю технологічної води, яку вико-

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						20
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

ристовують при охолодженні та переробці коксового газу. Фенольне забруднення стічних вод містить 60% саме фенолу та 40% крезолів.

Таблиця 2.4. Граничні допустимі концентрації небезпечних забруднень КХВ у воді

Назва	Формула	ГДК, мг/м ³	Клас небезпеки
Аміак	NH ₃	20	IV
Сірководень	H ₂ S	10	II
Сірчана кислота	H ₂ SO ₄	1	II
Бензол	C ₆ H ₆	0,3	II
Піридин	C ₂₀ H ₁₂	0,03	I
Фенол	C ₆ H ₅ OH	0,001	I
Аценафтен	C ₁₂ H ₁₀	0,07	III
Антрацен	C ₁₄ H ₁₀	0,01	I
Бенз-а-пірен	C ₂₀ H ₁₂	10 ⁻⁶	I

Волога коксового газу має два джерела. Основна частина вологи – до 9 % від маси вихідної шихти – переходить в газ із коксового вугілля, приблизно 2 % виникає пірогенетично. В результаті первинного охолодження коксового газу з нього виділяється майже вся смола і більша частина води. Надсмольна вода, що утворилася, частково прямує в цикл газозбірника, інша – на переробку в аміачне відділення. Вловлювання бензольних вуглеводнів із газу і ректифікації сирого бензолу приводить до виникнення сепараторних вод. Сепараторні стічні води виникають так же при фракційній розгонці кам'яновугільної смоли [15].

Небезпека фенолу пояснюється його токсичністю, що обмежує його наявність у воді питного водопостачання. Також при хлоруванні забрудненої води утворюються хлорфеноли, які більш ніж у 100 разів більш токсичні, ніж сам фенол. Велика аварія з викидом десятків тон фенолу у водойми сталася в Уфі у листопаді 1989 року, внаслідок чого на півроку було заборонено питне користування природними водами.

В середньому на коксохімічних заводах викидається за добу у складі стічних вод близько 1,5 т фенолів, що навіть за 1 місяць призведе до наслідків аналогічних фенольної катастрофі в Уфі. Тому частину фенолів за рахунок очищення надсмольних вод виділяють у чистому вигляді для хімічної промисловості.

Питома кількість стічних вод, що утворюється після коксування 1 т шихти, складає 0,2–0,3 м³; а абсолютна кількість для 6-батарейного заводу з повним комплексом хіміч-

них цехів складає 140–170 м³/год. Зменшення об'єму водоспоживання (більше ніж у 7 разів), кількість стічних вод, а також зниження затрат на процес очистки досягає при повторному використуванні відпрацьованих вод. Підраховано, що для отримання 1 т коксу і відповідної кількості хімічних продуктів потрібно 13-15 м³ технічної води. Використання оборотних циклів дозволяє знизити витрату свіжої технічної води до 1,15–1,55 м³/т коксу і призводить до скорочування забруднюючих стічних вод на 95–96 %.

Частково вирішує проблему необхідності очищення цих стічних вод мокре гасіння, яке перетворює частину води на пару. Стічні води від гасіння коксу знаходяться в замкнутому циклі водопостачання, де вода, втрачена у вигляді пари, поповнюється фенольною та технічною водою [16].

2.3. Забруднення навколишнього середовища при мокрому гасінні

Розглянемо утворення небезпечної зони загазованості, що утворюється при роботі Харківського коксового заводу (ХКЗ). ХКЗ є єдиним виробником ливарного коксу в Україні, а також коксу для виробництва феросплавів.

Ливарний кокс за розмірами шматків крупніше доменного, має середні розмір 60 мм. Він є сировиною для виробництва сталі та феросплавів. Ливарний кокс повинен містити менше сірки ніж доменний – 1% замість 2%. Для отримання феросплавів використовують дрібний кокс з фракцією 10-25 мм, при цьому на відміну від доменного і ливарного виробництв, вважають за краще застосовувати продукт з великою реакційною здатністю. Ливарний кокс не повинен містити дрібні фракції. Також вимогами до ливарного коксу є: мала кількість летких речовин, низька електрична провідність, підвищена теплотворна здатність; підвищені реакційна здатність та швидкість згоряння.

Продукцією заводу є кам'яновугільна смола, яка утворюється при охолодженні коксового газу. При цьому утворюються надсмольні води, які потребують очищення перед скиданням на міські очисні споруди. Одним зі способів утилізації цих вод є застосована на ХКЗ мокрого гасіння коксу. Хімічне виробництво на заводі ліквідовано в 2004 р., що опосередковано свідчить про більш інтенсивне забруднення стічних вод. Завод має лише 4 коксові батареї (типові заводи мають 60-70 батарей), які мають специфічні відмінності, що дозволяє виготовляти ливарний кокс. Таким чином, видача коксу та мокре гасіння відбувається приблизно 4 рази за добу. Це значить, що напруженість роботи електровозів

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						22
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

та рампи на заводі не така велика, як на великих коксохімічних підприємствах.

За дослідженнями мокрого гасіння за нормативного вмісту домішок у стічній воді на відстані 2 км від башти гасіння у повітрі фенол вже не тестується, граничнодопустима концентрація фенолу у повітрі спостерігається на відстані 1 км, див. рис.2.1.

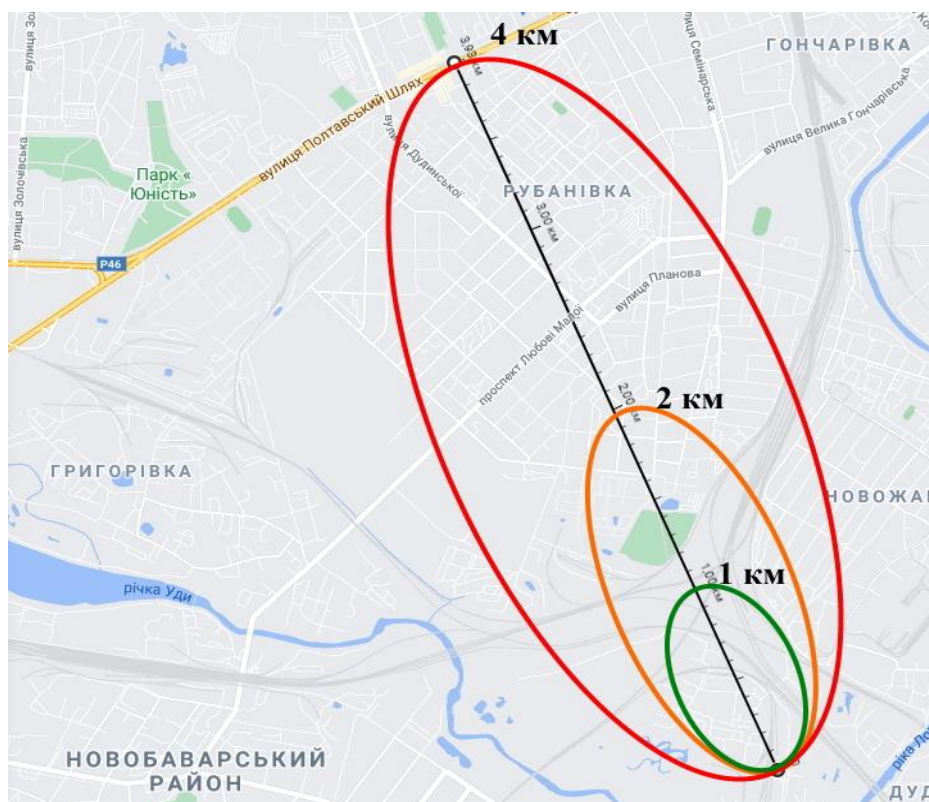


Рис.2.1. Нормативне за ГДК (1км) та максимальне (2 км) поширення фенольної парогазової хмари мокрого гасіння, а також фактичне (4 км) для Харківського коксового заводу

Якщо тестувати мокре гасіння на Харківському коксовому заводі за органолептичними показниками, то на відстані 1,5 км від башти гасіння (Баварська 7) іноді буває важко дихати, а на відстані 4 км (метро «Холодна гора») відчувається запах фенолу (північно-східний вітер). Це свідчить про порушення нормативних вимог до здійснення мокрого гасіння та ймовірне гасіння коксу концентрованими стічними водами.

Такий стан проблеми виник внаслідок більших концентрацій небезпечних речовин у стічних водах внаслідок відсутності хімічного цеху та потреби позбутися стічних вод, що утворилися. Це визначає необхідність пошуку технологій зменшення забруднення навколишнього середовища на стадії мокрого гасіння.

Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата

РОЗДІЛ 3. ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ СПОСОБІВ ГАСІННЯ КОКСУ

Першим етапом отримання товарного коксу після коксування є його гасіння. Необхідність гасіння полягає в тому, що кокс, вивантажений з печі в гасильний вагон, має температуру 950-1100 °С. При контакті з повітрям за таких температур починається активне окиснення карбону, що переходить в горіння коксу, яке самопідтримується. Щоб запобігти горінню коксу на повітрі і забезпечити можливість транспортування, сортування, кокс повинен бути охолоджений до температури 250-100 °С. Такі температури виключають його самозаймання в купі за рахунок накопичення тепла окиснення. Для цього розпечений кокс інтенсивно охолоджують (гасять) мокрим або сухим методом [17].



Рис. 3.1. Кокс, що підлягає гасінню.

3.1. Мокре гасіння коксу

Метод мокрого гасіння розжареного коксу поширений як в Україні, так і за кордоном. У США та Німеччині гасіння коксу стічними водами використовували для зменшення обсягу стічних вод на третину. У такому разі для гасіння коксу застосовують фенольні стічні води хімічних цехів. Попередньо вони повинні бути повністю очищені від смоли, масел, нафталіну, які покривають кокс плівкою, що перешкоджає проникненню води всередину шматків та гальмує охолодження. Для покращення екологічної

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						24
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

обстановки при мокрому гасінні краще використовувати стічну воду після біохімічного очищення. Витрата води на гасіння коксу становить 3-5 м³ на тону сухого коксу, водночас безповоротна витрата на випаровування, крапельний винос і зволоження коксу складає приблизно 0,35–0,5 м³ або 10-12% від загальної кількості води, поданої на гасіння. Температура стоку після гасіння становить приблизно 40-45 °С.

За найбільш простого мокрого способу гасіння – коксогасильний вагон в'їжджає в гасильну вежу і протягом 100-130 с зрошується водою, див. рис.3.1, час охолодження гасильного вагона становить 30-65 с. Якщо з печі видається 13 т коксу, то на гасіння подають до 50 м³ води, з яких випаровує 6,5 м³. Після відстоювання від мікрочастинок коксу стічну воду в замкненому циклі водопостачання знову подають на гасіння з додаванням технічної води і очищених фенольних вод (які зливати у водойми ще не можна).

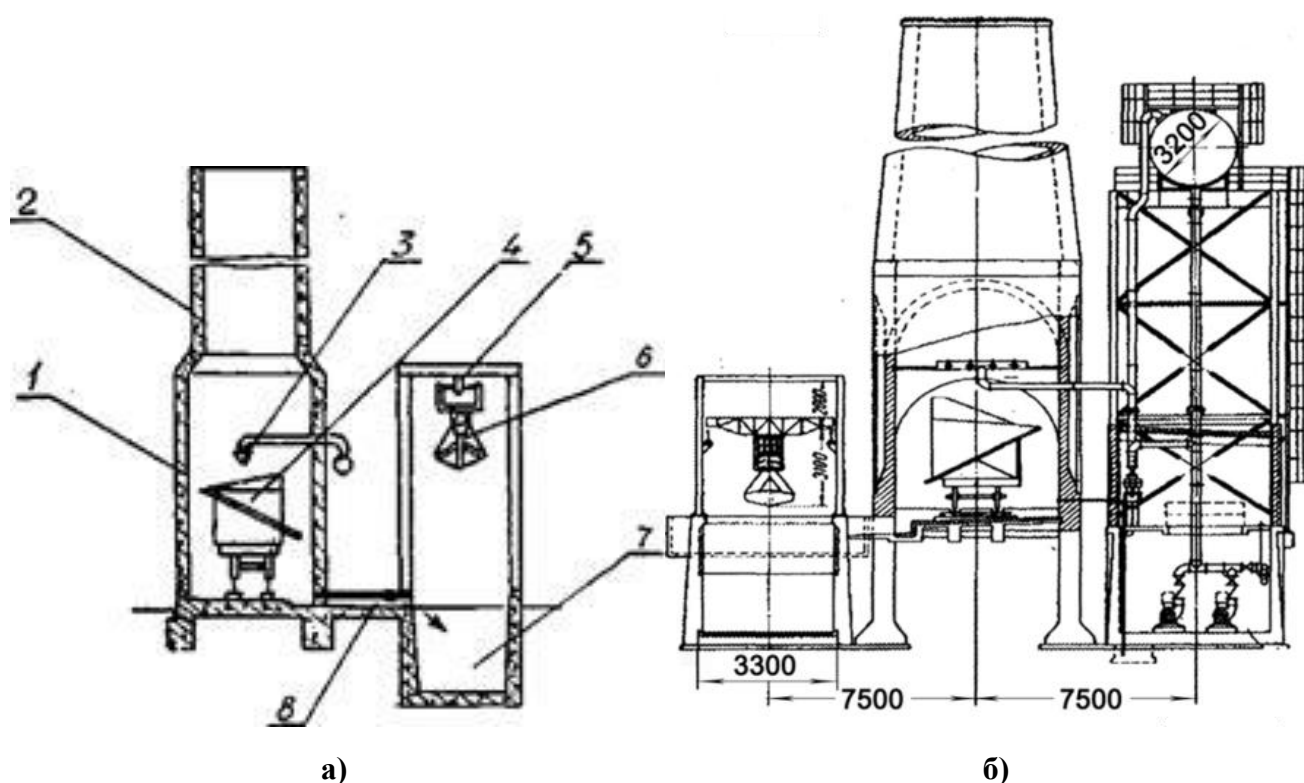


Рис. 3.2. Схема установки мокрого гасіння коксу (а) та її розташування разом з будівлею насосної башти (б): 1- залізобетонний каркас; 2- витяжна труба; 3- форсунка; 4- гасильний вагон; 5- монорельс; 6- грейфер; 7- відстійник; 8 - лоток

У комплекс сучасного гасіння коксу входять гасильна вежа, насосна станція, відстійники з естакадою для монорельсової грейферної візки для шламу, майданчики зневоднення та завантаження шламу в залізничний транспорт. Для прийому та гасіння коксу потрібен гасильний вагон з довжиною кузова 8-10 м. Верхній край гасильного ва-

гону розташовано трохи нижче рівня коксовидачі, нижній край кузова гасильного вагону – трохи вище рівня рампи, куди охолоджений кокс потім скидається. Висота вежі гасіння становить 30–40 м, що визначається висотою витяжної труби. Над коксогасильним вагоном розташовано перфоровані труби для зрошування розжареного коксу.

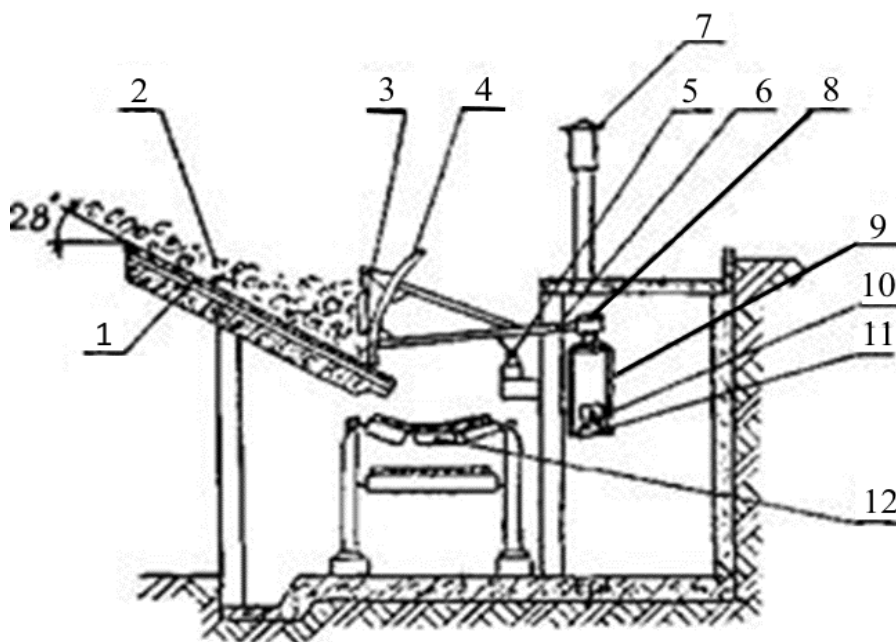


Рис.3.3. Схема влаштування коксової рампи

1 – майданчик для коксу; 2 - кокс; 3 - датчик; 4 - секторний затвор; 5 - опора затвору; 6 - важіль; 7- сигнальна лампа; 8 - противага; 9 - підвіс; 10 - копер; 11 - ролик; 12 - стрічковий транспортер

Припускають гасіння коксу фенольною частково очищеною водою тільки в аварійних випадках. Як правило, для гасіння коксу застосовується суміш стічних вод з технічною водою. Співвідношення вод в суміші визначається водним балансом заводу. До складу стічних вод входять сірководень, аміак, феноли, масла, смоли, роданисті, ціанисті та інші сполуки. Стічні води від гасіння коксу за своїм складом можуть бути простими, якщо використовують чисту воду, або складними, якщо використовують стічні води хімічних цехів коксохімічного заводу, забруднені фенолами та ін. Нестачу фенольної води для гасіння коксу зазвичай покривають технічною водою, яка подається в збірник освітленої води. Під час перерв видачі коксу подача в збірник технічної води автоматично відключається. В цей же збірник подають і надсмольну воду з аміачного відділення після освітлення її в вапняному відстійнику. Воду на вежу гасіння подають окремим насосом, дистанційно заблокованим з рівнем води в зумпфі вежі. При зниженні води в зумпфі до заданого рівня насос автоматично включається, при заповненні зумпфа відключається.

Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата

Стічні води від завершення гасіння коксу на рампі, а також від додаткової поливання коксу при його збиранні приєднуються до води, що надходить з-під вежі для гасіння коксу. Стічні води від гасіння коксу знаходяться в замкнутому циклі водопостачання та проходять очищення в відстійниках тільки від механічних домішок: у водойми вони не випускаються. У воді після гасіння коксу збільшується вміст роданидів

Тривалість гасіння коксу для кожного заводу точно встановлює начальник цеху, але вона повинна забезпечувати задану малу вологість коксу та бути мінімальною для полегшення напруженого циклу роботи електровоза при обслуговуванні ним двох батарей по 65–77 печей. Час гасіння коксу встановлюється постійним для кожного циклу коксування, контролюється і підтримується автоматично. Вода для гасіння коксу подається з напірного бака, зазвичай поміщеного над будівлею насосної біля гасильної вежі. Увімкнення та вимикання подачі води на новітніх заводах автоматичне.

Після операції гасіння вагон виводять з-під гасильної башти і залишають біля неї не менше ніж на 30 с для стікання води і відсутності заливання водою залізничної колії. Частково охолоджений кокс з вологістю до 5% видають з вагона на коксову рампу, яка являє собою викладену чавунними або вогнетривкими діабазовими плитами похилу площадку довжиною до 70 м для обслуговування декількох батарей. Рампа служить для заливки недогашеного коксу та його охолодження до температури 60-120 °С й підсушування. Тривалість лежання коксу на рампі становить не менше 18 хв. Бажано досягти вологості менше 1%. Труднощі при цьому мають місце внаслідок явища адсорбційного захоплення вологи мікропорами коксу, яка за звичайних умов не випаровує. Відкриття затворів коксової рампи для загрузки конвеєрів проводиться автоматично.

Всі операції з гасіння коксу автоматизовані. Гасильний вагон при підході до гасильної вежі вмикає насос, що подає воду в зрошувальний пристрій і реле часу, що контролює тривалість гасіння і подальше відстоювання. Протягом цього часу електровоз знеструмлюється, і машиніст не може випадково передчасно вивести вагон з-під вежі. По закінченні відведеного часу реле відключає насос, і подача води припиняється. Після відстоювання гасильного вагона під вежею електроживлення автоматично вмикається, і гасильний вагон транспортують до коксової рампи на розвантаження.

Води гасіння утворюються при швидкому охолодженні розпеченого коксового залишку, характерним для вод після гасіння є високий вміст нерозчинених речовин -

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						27
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

головним чином коксовий пил. При гасінні коксу разом із водою з гасильного вагона виноситься значна кількість коксового дріб'язку та коксу фракції до 25 мм.

Більшість КХВ для мокрого гасіння використовують суміш стічної та технічної води з добавками проти корозії [18]. Зазвичай для гасіння використовують воду з наступними показниками, г/л: сульфатів – 0,13-8,9; летучого та зв'язаного аміаку – 0,1-0,35 і 1,9-2,7, відповідно; хлоридів (в перерахунку на Cl) – 3,5-4,5; роданидів – 0,8-1,1; ціанідів – 0,025-0,2 і фенолів – 0,4-0,8.

В ході гасіння коксу частина цих речовин згоряє, частина з парою води уносить-ся в атмосферу, частина залишається у воді. Після використання для гасіння вода містить у 5 разів менше летючого аміаку, сірководню – в 10, а фенолів – у 6 разів. У перших порціях води згоряє до 60 % фенолів і лише 5 % залишається у воду, в останніх порціях – згоряє не більше 10 % фенолів, А у воді залишається до 40 %.

З хмари пари, що поширюється від місця гасіння, починають формуватися крапельні опади, що містять коксовий дрібний пил. Регламентується максимальний допустимий вміст забруднень у воді, що подається на мокре гасіння, мг/дм³: смол та масел – 100, фенолів – 150, роданидів – 100, сірководню – 10.

Пара, що утворюється при гасінні коксу погіршує умови обслуговування коксових печей та викликає значну корозію металоконструкцій, машин та обладнання коксового цеху внаслідок наявності різних солей, головним чином амонійних, у стічній воді.



Рис.3.4. Викид пари з вежі гасіння при мокрому гасінні

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						28
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

Гальмує корозію добавка у воду перед гасінням оксиду кальцію, соди або уротропіну. Вапно руйнує зв'язані солі аміаку (хлористий та роданистий амоній), запобігає утворенню соляної кислоти, ціаністого водню, Вміст фенолів у воді, що поступає на гасіння, рекомендується обмежувати значенням 250 мг/л. При гасінні коксу стічною фенольною водою в ній не повинні міститися луки, хлористі солі та масла. Наявність масел викликає задушливий запах і може призвести до угоряння людей. Також недоліками мокрогасіння коксу є: безповоротна втрата з парою води до 50 % тепла, витраченого на коксування (інша частина тепла залишається в матеріалі футеровки нагрітої коксувальної камери), зниження міцності коксу за рахунок різкого теплового удару, зволоження коксу, нерівномірна вологість коксу великих і дрібних класів, втрати великої кількості технічної води, винесення в атмосферу з парою коксового пилу (до 130 г на 1 м³ пари) та шкідливих речовин, що містяться в охолоджуючій воді, виникнення неприємних запахів, які поширюються на значну відстань. Втрати тепла визначаються тим, що все тепло коксу, що поглинається водою, йде на її нагрів та часткове випаровування і не може бути повернуто в технологічний цикл. Втрата 50% тепла, витраченого на процес коксування, становить 1465380 – 1549116 кДж тепла на кожну тонну, що еквівалентно теплотворності 50 кг умовного енергетичного палива.

Оскільки стічні води створюють підвищений корозійний вплив, тому для гасильних вагонів із звичайних вуглецевих сталей необхідно мати додатковий четвертий гасильний вагон, так як у зв'язку зі швидким зносом один гасильний вагон постійно знаходиться в ремонті. Застосування цегли при організації мокрогасіння коксу обмежується, оскільки шви кладки є найбільш вразливим місцем у відношенні корозії.

Скидання неочищених вод гасіння коксу у відкриті водойми неприпустимо. Однак на відміну від фенольних вод для очищення вод гасіння коксу досить відокремити нерозчинені речовини у відстійниках. Після продувки повітрям вод, які вже пройшли стадію відстоювання, їх можна повертати в оборотний цикл водопостачання заводу.

Недоліки мокрогасіння викликають необхідність пошуку технологічних рішень, які можна поділити на ступінчасте гасіння водою та сухе гасіння інертними газами. Існують розробки з двоступінчастого гасіння водою, де перший етап охолодження здійснюється за рахунок опосередкованого теплообміну з наступним контактним

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						29
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

охолодженням . Досягається м'яке охолодження коксу без створення внутрішніх механічних навантажень, рекуперація тепла, усю пару конденсують у холодильнику та повертають в оборотний цикл, а газу допалюють разом з іншими залишковими газами. Але це значно ускладнює технологію охолодження коксу [19].

3.2. Сухе гасіння коксу

Внаслідок тепловтрат та екологічних проблем мокрогасіння запроваджено метод сухого гасіння, за якого кокс охолоджують у герметичних цегляних камерах, куди він зсипається з гасильного вагона. Далі ці газу використовуються для одержання водяної пари в парових котлах-утилізаторах і знову спрямовуються в камери. Тому на сучасних великих коксохімічних заводах збудовані та будуються установки сухого гасіння коксу (УСГК). Сухе гасіння коксу дозволяє разом з використанням фізичного тепла розжареного коксу для отримання пари з високими енергетичними параметрами підвищити якість коксу і техніко-економічні показники коксохімічного і доменного виробництва, а також істотно знизити забруднення повітряного і водного басейнів, рис.3.5.

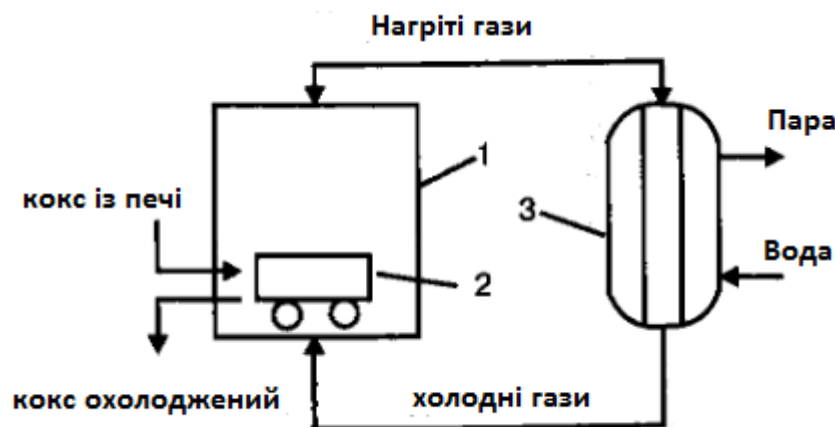


Рис.3.5. Принципова схема сухого гасіння:

1- Гасильна камера, 2- вагон з коксом, 3-котел-утилізатор

У разі сухого способу гасіння коксу охолоджують в установці «УСГК» шляхом продувки інертними димовими газами (CO_2 , CO , N_2 , які попередньо очищують від пилу) шару розпеченої маси. Ці газу утворюються в результаті продувки повітрям першої порції розпеченого коксу на початковій стадії гасіння. Тепловміст нагрітих інертних газів відбирається в котлі-утилізаторі, див. рис.3.1. Проходячи через шар коксу, димові газу нагріваються з 200 до 700 °С, а кокс охолоджується до 250 °С. Нагрітий на коксі до 800 °С інертний

газ надходить в циклон для очищення від пилу і далі подається в котел-утилізатор, де виробляється до 40 т/год пари з температурою 450 °С. Перевагами сухого гасіння є відсутність викидів пари, шкідливих речовин, домішок стічних вод, отримання коксу з мінімальною вологістю, утилізація теплоти коксу і вироблення технологічної пари, отримання більш міцного коксу, що важливо для технології металургійного виробництва, можливість заміни у шихті частини добре спікливого вугілля марок Ж та ОС на слабкоспікливе.

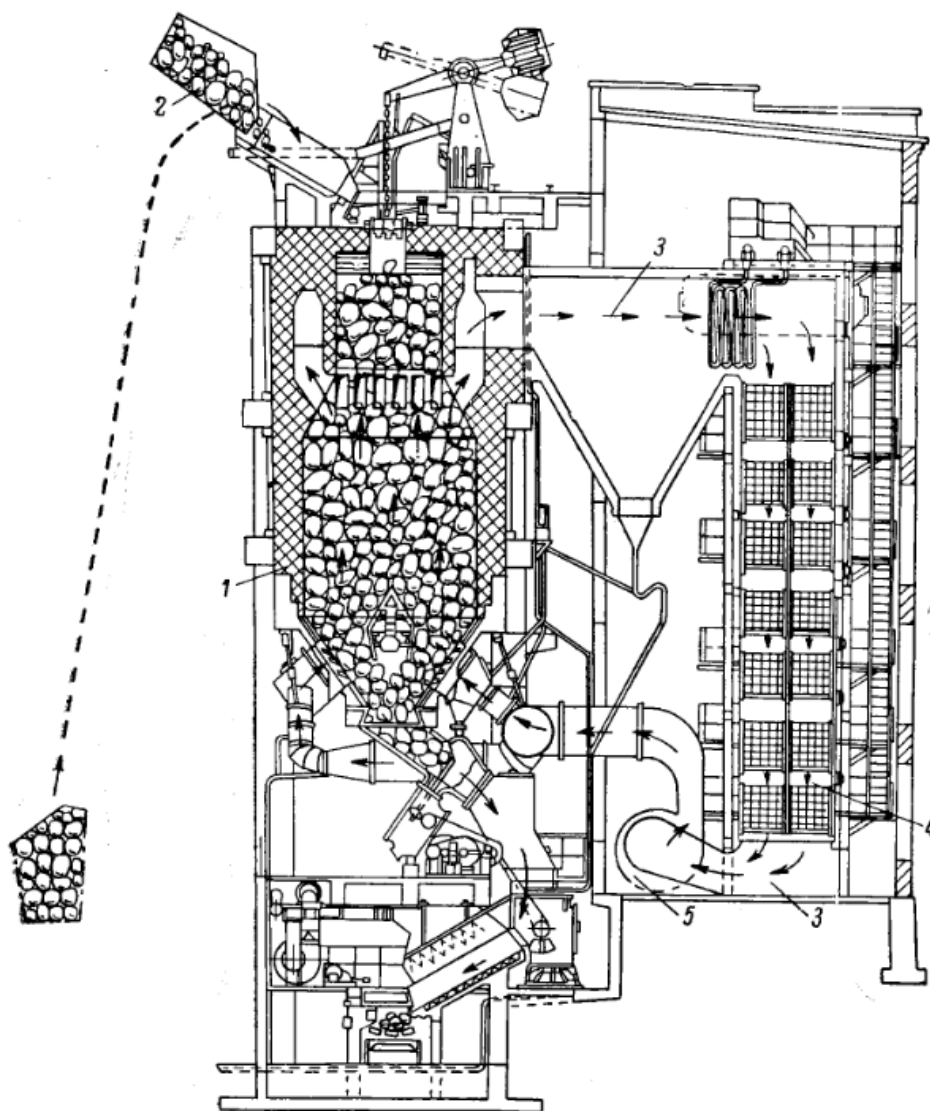


Рис. 3.6. Бункерна установка для сухого гасіння коксу (УСГК)

1 - гасильна камера, 2 - підйомник, 3 - інертні гази, 4 - котельний агрегат, 5 - вентилятор

Пропускаючи димові гази, очищені від пилу, через котельну установку, можна отримати близько 0,4 кг водяної пари за температури 450 °С на одну тонну отриманого коксу для отримання електроенергії та технологічних цілей. Ефективність виробництва енергії при цьому аналогічна енергетичним установкам, що працюють на вугіллі.

Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата

Перша УСГК на Авдіївському КХЗ була введена в експлуатацію в 1968 році. Вона складається з чотирьох блоків (камера-казан) – трьох робочих і одного резервного. Розжарений кокс з камери коксування з температурою 1000-1050 °С в спеціальному коксоприймальному вагоні доставляється до УСГК. Для охолодження коксу в камеру гасіння через отвір нижньої конусної частини подається циркуляційний газ з температурою 180-200 °С. Циркуляційний газ ($\text{CO}_2 + \text{CO} + \text{N}_2$) утворюється з того повітря, що був в об'ємі установки, після завантаження розжареного коксу. На шарі коксу газ нагрівається і через верхній кільцевий канал подається в пилоосаджувальний бункер, потім в газову частину казана-утилізатора, і пиловідокремлюючий циклон. Охолоджений і очищений циркуляційний газ димососом знов подається в камеру гасіння.

Камера для гасіння коксу вибирається виходячи з умов забезпечення рівномірного руху коксу по перетину зверху вниз і рівномірного розподілу зустрічного потоку інертних газів. На рівномірність потоку великий вплив надають умови заповнення і вивантаження коксу, а також введення холодного і відбору гарячого дуття.

Вивантаження загашеного коксу здійснюється безперервно за допомогою розвантажувального пристрою автоматично порціями по 1,3-1,6 т з частотою 1,0-1,5 хв. Розвантажувальний пристрій складається з двох відсікачів, проміжного бункера, затворів, рампи холодного коксу, перекидного лотка і затвора рампи.

До недоліків влаштування УСГК на КХВ можна віднести необхідність значних капіталовкладень, технологічними складнощами влаштування моноблокових установок (сегрегація коксу у камері), необхідність побудування повної установки мокрого гасіння для аварійних та резервних випадків, необхідність зупинки котлів-утилізаторів на ревізію (місяць на рік), більші капіталовкладення на очищення більшого об'єму стічних вод (на третину), вигорання коксу під час сухого гасіння становить більше за 3 % його початкової маси, необхідність знепилювання повітря. Недотримання встановлених режимів сухого гасіння коксу створює ще більш інтенсивне вигорання коксу, що зменшує його вихід. Ці процеси також призводять до утворення великої кількості газів, які також забруднюють атмосферу: викид CO_2 (обмежується – не більше 1500 мг/м³; в перспективі – 250 мг/м³). Також необхідність рампи не зникає, оскільки після УСГК кокс також утворюється вологим за рахунок пірогенетичної води [20].

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						32
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

РОЗДІЛ 4. ІМПУЛЬСНЕ МОКРЕ ГАСІННЯ КОКСУ

Можливість знешкодження та утилізації стічних вод залишає технологію мокрого гасіння цікавою. Крім того, влаштування УСГК все одно потребує обладнання заводу аварійною установкою мокрого гасіння. Таким чином, позбутися мокрого гасіння можна лише через технологію утворення середньотемпературного коксу за умови переобладнання під нього й металургійної промисловості, що на даний час нереально. Але наявність недоліків в цього методу гасіння розжареного коксу потребує пошуку шляхів для їх вирішення. Завдання, які підлягають вирішенню наступні: запобігти поширенню пароповітряної хмари поза гасильної башти для усунення корозії навколишніх конструкцій, поширення небезпечних речовин та запахів, рекуперація тепла коксу, збереження міцності коксу, зменшення вологості коксу після гасіння, зменшення втрат технічної води, зменшення забруднення атмосфери коксовим пилом та шкідливими речовинами.

4.1. Можливості, що забезпечує імпульсна подача води

Головними забруднювачами води, якою охолоджують розжарений кокс вважають HCN, зв'язаний аміак, C₆H₅OH, H₂S. Ці ж речовини, а також SO₂, є головними забруднювачами пари яка викидається в атмосферу. Це говорить про слабке протікання процесів розкладання та окиснення при гасінні коксу. Тим не менш, температура розжареного коксу (950-1100 °C) передбачає такі процеси. Про їх наявність говорить й утворення SO₂. Також існують дані, що при гасінні коксу у два етапи (спочатку аміачною, а потім технічною водою) 50-60% фенолів аміачної стічної води переходять у пар, 35-45% розкладаються (а також окислюються) на розпеченому коксі, а 3-5% протікає з водою у відстійники.

Схожий процес з мокрим гасінням відбувається при охолодженні коксового газу розпорошеною фенольною водою. При цьому зафіксовано невідповідність між кількістю фенолів в повітрі після градирні та у воді. Викиди в атмосферу їх містять значно менше, стічна вода, що свідчить про наявність парогазового окиснення фенолів.

Малий вміст продуктів розкладання говорить про те, що більшу частину часу вода гасіння контактує з коксом, який має вже частково охолоджену зовнішню поверхню. А значить – можливості розжареної поверхні, як джерело тепла для проведення процесів знешкодження токсичних речовин використовуються не повною мірою. Так,

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						33
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

існують дані, що вміст роданидів у воді після гасіння збільшується, не зважаючи на те, що температура розкладання роданида калію 250 °С. Тобто, більший час контакту води з коксом за умови одностадійного гасіння його поверхня має температуру меншу ніж 250 °С. У разі багаторазової імпульсної подачі стічної води на гасіння внутрішні шари коксу встигнуть передати внутрішнє тепло до поверхні і наступна порція води знов потрапить на кокс з максимальною усередненою на даний час температурою. Водночас швидкий контакт розжареної поверхні з водою зменшить глибинні механічні напруження у куску коксу.

Припинення подачі води між імпульсами не означає, що у цей проміжок відновляться процеси вигорання коксу, оскільки за час перерви у подачі води гасильний вагон буде наповнений негорючою водяною парою, яка буде створювати ефект флегматизації та відокремлення поверхні коксу від контакту з киснем повітря.

У такому разі гасіння можна здійснити без утворення води, що протікає. При цьому час гасіння значно не збільшиться, а витрата води зменшиться.

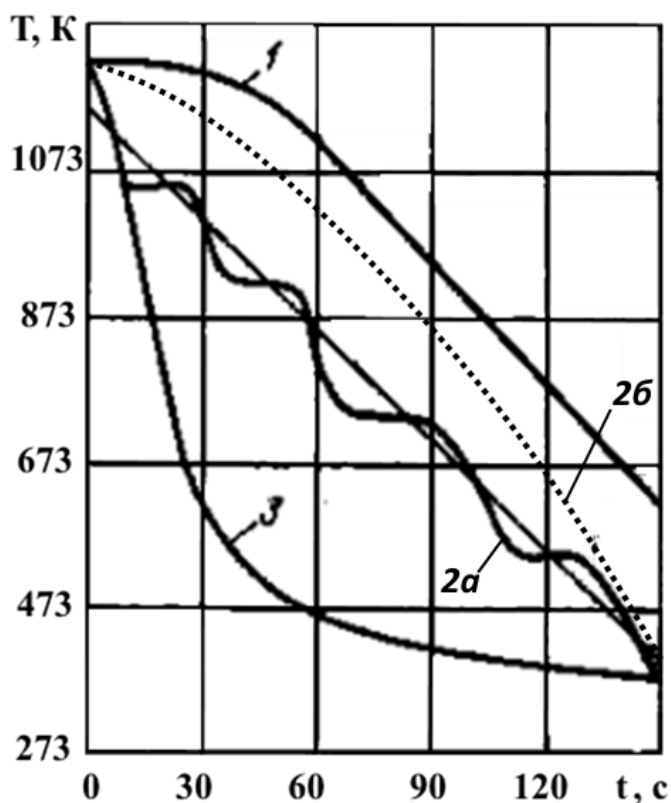


Рис.4.1. Зниження температури куска коксу під час мокрого гасіння:

1 – в центрі куска, 2 та 3 – на поверхні куска при імпульсному та безперервному гасінні, відповідно; а – стандартна імпульсна методика, б - запропонована

Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата

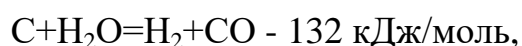
Рис. 4.1. показує, що швидкість охолодження поверхні коксу за безперервної подачі води набагато більша, ніж при імпульсному гасінні, хоча зміна температури в середині куска близька. При цьому скорочується час контакту води з коксом, скорочується час відстоювання вагону після гасіння, що компенсує трохи довше гасіння, зменшується кількість та глибина зайвих тріщин у коксі, менше адсорбується коксом волога, оскільки вода не встигає проникати у глибину куска. Поглиблюється руйнування фенолів. Знижена інтенсивність дощу, що випадає з парового шлейфу. (Форма труби башти гасіння визначає інтенсивність підсмоктування холодного повітря, що забезпечує осідання конденсату та пилу на її поверхні).

4.2. Хімічні реакції, що можуть відбуватись на гарячому коксі під час мокрого гасіння

На розжареній поверхні коксу можуть відбуватись процеси розкладання органічних та деяких неорганічних сполук, парогазове окиснення, неінтенсивні процеси рідкофазного окиснення, а також утворення водяного (генераторного) газу. Для активного рідкофазного окиснення органічних сполук необхідний тиск не менше 20 атм (для збільшення розчинності кисню у воді), тому ці процеси розглядати не будемо.

Для аналізу хімічних процесів, що відбуваються при мокрому гасінні, важливим є той факт, що склад забруднень викиду пари при мокрому гасінні стічною або технічною водою за вмістом синильної кислоти (ціанідної), сірководню та діоксиду сірки – є приблизно однаковим. Це свідчить про те, що реакції їх утворення визначаються наявністю розжареного коксу, води та повітря, і майже не залежать від вмісту типових домішок в попередньо очищеній стічній воді.

На карбоні розжареного коксу за температур $> 700\text{ }^{\circ}\text{C}$ за умов подачі води починає утворюватися водяний газ (генераторний, синтез-газ) наступного складу (максимальний вихід водню спостерігається за температури коксу $900\text{ }^{\circ}\text{C}$): $\text{CO} - 44\%$, $\text{N}_2 - 6\%$, $\text{CO}_2 - 5\%$, $\text{H}_2 - 45\%$, може бути присутнім метан, сірковуглець, сірководень та ін.:



та частково продовження реакції: $\text{CO} + \text{H}_2\text{O} = \text{CO}_2 + \text{H}_2$.

При подачі перегрітої пари початок утворення водяного газу знижується до $500\text{ }^{\circ}\text{C}$, а починаючи з $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ – цей процес вже відбувається активно.

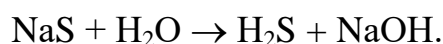
					НУЦЗУ. 2.17-69.CX та ХТ. РПЗ-05	Лист
						35
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

Цей газ утворює повітрям вибухонебезпечні суміші починаючи з концентрації (НКМПП) 6,7%. Теплота згоряння водяного газу становить 11723 кДж/м³, його використовують як паливо в металургійній, керамічній промисловості, виготовленні скла та для синтезу аміаку, метанолу, інших спиртів. При реакції 1 молю пари з поверхнею коксу утворюється 2 молі газів, що можна використовувати для виконання роботи турбіни та отримання енергії.

Сірководень може утворюватися при взаємодії водню (з водяного газу) з сіркою коксу, який там присутній, як шкідлива для металургійного процесу домішка, за температур до 350-600 °С (краще у присутності каталізатора):

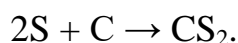


в той же час, за високих температур спостерігається зворотна реакція. Сірководень може утворюватися при реакції водорозчинних сульфідів з водою:

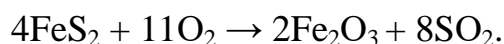


Вуглеводні (парафіни) за підвищених температур реагують з сіркою з виділенням сірководню та карбону, який може додаватися до шламу або уноситися з парами води (що спостерігається при мокрому гасінні).

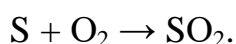
За температур близько 1000°С сірка реагує з карбоном з утворенням сірковуглецю:



Діоксид сірки (SO₂) може утворюватися при окисненні сульфідів заліза на повітрі за підвищених температур – 800 °С:

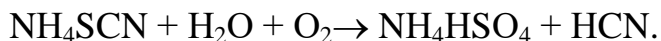


Сульфід заліза є первинним продуктом корозії заліза під дією сірководню. Найпростіший шлях утворення SO₂ – високотемпературне окиснення сірки киснем повітря, наприклад – процес згоряння:



					НУЦЗУ. 2.17-69.CX та ХТ. РПЗ-05	Лист
						36
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

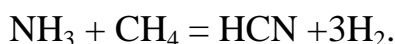
Ціанідна кислота при мокрому гасінні може утворюватися в процесі рідкофазного окиснення роданидів:



Але дослідні дані, наведені раніше, свідчать, що ціанідна кислота утворюється й при гасінні звичайною водою, а також – вміст роданидів у стічних водах після гасіння збільшується. Це означає, що ціанідна кислота утворюється при взаємодії розжареного карбону металургійного коксу з водяним (генераторним) газом за принципом, схожим з відомими реакціями. Так, ціанідна кислота утворюється за реакцією окиснення аміаку та метану у повітряному середовищі над платиновим каталізатором:



або без доступу повітря за температур більших за 1050 °С:

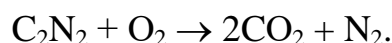


Ціанідна кислота у повітрі утворює вибухонебезпечні суміші в межах 5,6–40 % (КМПП); максимальний тиск вибуху стехіометричної суміші перевищує тиск при вибуху тротилу; температура самоспалахування – 538 °С.

При перегріві більше за 250 °С роданистий калій починає повільно розкладатися на сульфід та ціан, останній є трохи менш токсичним ніж синильна кислота та ціаніди:



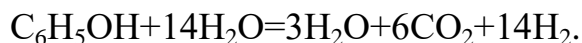
За можливості допалювання газів, що відходять, ціан згоряє з утворенням не токсичних продуктів:



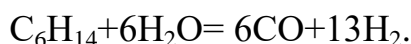
Температура початку розкладання роданиду амонію – 170 °С, роданиду натрію – 307 °С. Є дані, що після мокрого гасіння вміст роданидів у стоці збільшується – тобто ці реакції відбуваються не інтенсивно.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						37
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

Щодо умов піролізу фенолу, то в літературних даних такої інформації не наведено, а в паспорті безпеки речовини «фенол» у відповідному пункті написано «даних немає» [21]. В той же час, парогазове окиснення фенолів відбувається за температур більших за 800 °С, але за умов наявності каталізаторів (платина, паладій, міднооксидні каталізатори) ця межа знижується до 350 °С:



При низькотемпературній взаємодії з киснем феноли зазнають послідовні перетворення [13]: гідроксильються, утворюють хінони, карбонові оксіхінони, гумінові кислоти, перекісні сполуки, аж до утворення діоксиду вуглецю і води.



4.3. Двоступінчасте мокре гасіння коксу з імпульсною подачею води

Перспективною технологією поліпшення стандартної процедури мокрого гасіння коксу є використання імпульсно-послідовної подачі води в два етапи без зміни конструктивних особливостей установки мокрого гасіння коксу.

Мучник Д.А. запропонував імпульсне гасіння коксу стічними водами для забезпечення часу на руйнування плівки відкладень, що утворюються на поверхні коксу. Водночас збільшується міцність коксу, знижується сернистість та утворення шламу [11].

Ріделем досліджено гасіння коксу у два етапи: спочатку аміачною фенольною водою, потім технічною [10]. Гасили 630 кг розжареного коксу за допомогою 945л води, з яких 315 л випарувалося. Перша порція води на гасіння була аміачною і склала 160 л. Інша частина води була технічною, її було подано через 40 с після завершення першої стадії для зменшення забруднення атмосфери. У злив після гасіння потрапило 3% первинної кількості фенолів та 6 % аміаку.

Встановлено, що імпульсу подачі води 1-2 с вистачає лише на охолодження поверхні, найбільша частина води випаровує. Розраховано, що для рівномірного охолодження коксу протягом кожної хвилини сумарна тривалість подачі води повинна скласти 27 с, але перший імпульс рекомендують подавати 15 с [14]. Випробувана схема

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						38
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

режиму подачі води за схемою «подача-пауза», с: 20-15, 16-15, 16-17, 16-25, 10-30, тобто – загальний час гасіння становить близько 2,5 хв. при загальному часі подачі води 78 с (див. рис.4.1, крива 2а). За наведеними графіками температура поверхні у період пауз майже не збільшувалась, що є опосередкованим свідченням відсутності загоряння коксу у цей період. Але дана система розрахована не на руйнування домішок, а на вирівнювання температур у куску коксу.

Пропонуємо змінити інтервали імпульсної подачі води для наближення графіку остигання поверхні куска коксу до графіку остигання середини куска, див. рис.4.1 (крива 1). Також очікуваний ефект при цьому підтримання неокисного середовища біля коксу за рахунок наявності водяного газу або пари, які за великих пауз будуть розсіюватися і може виникнути вигорання коксу при доступі повітря. Для наведеної вище схеми в область самовільного загоряння коксу потрапляють перші три імпульси охолодження коксу, коли температура поверхні куска більша за температуру 500 °С, достатню для підтримання реакції горіння металургійного коксу [20] (з врахуванням того факту, що на цей момент температура всередині куска ще становить близько 700 °С).

З теорії гасіння пожеж водою відомо, що для реалізації повної охолоджуючої здатності вода повинна пройти 3 стадії відбору тепла в процесі свого нагріву за рахунок теплоємності рідкого та пароподібного стану, а головне – за рахунок теплоти випаровування. Необхідно максимально повно використовувати ці процеси. Вода, що протікає використовує власну охолоджуючу здатність лише на 2-10 %. Так, відомо, що її середня температура становить 45 °С, якщо прийняти, що пара нагрівається в середньому хоча б до 300 °С, то 1 кг вод и може поглинути при звичайному мокрому гасінні з врахуванням втрат (при гасінні втрачається у вигляді пари 10 % води) наступну кількість тепла:

$$q_{\text{погл}} = 0,9C_p^{\text{рід}}(t_{\text{кип}} - t_o) + 0,1(C_p^{\text{рід}}(t_{\text{кип}} - t_o) + \Delta H_{\text{вип.}} + C_p^{\text{пар}}(t_{\text{гор}} - t_{\text{кип}})), \text{кДж/кг,}$$

$$q_{\text{погл}} = 0,9 \cdot 4,2(45-20) + 0,1(4,2(100-20) + 2260 + 1,96(300-100)) = 393,3 \text{кДж/кг,}$$

з яких 94,5 кДж/кг є теплопоглинанням води, що протекла крізь кокс, яка становила 90 % від поданої кількості води. Вода, що випарувалась, при цьому поглинає 265,2 кДж/кг, тобто виконує 67,4 % роботи по охолодженню коксу.

При повному випаровуванні води її теплопоглинання становитиме:

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						39
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

$$q_{\text{погл}} = 4,2 \cdot (100 - 20) + 2260 + 1,96 \cdot (300 - 100) = 2988,0 \text{ кДж/кг},$$

тобто, вода при звичайному мокрому гасінні використовує власну охолоджуючу здатність лише на 13,2 %. Причому головним фактором охолодження коксу (75,6 %) є процес випаровування води.

Таким чином, процес подачі води необхідно організувати так, щоб по можливості уся подана на гасіння вода випарувалася. У такому разі на процес гасіння буде витрачено у 7,5 рази менше води. Відповідно, й сумарний час імпульсної подачі води повинен бути у 7,5 рази меншим. Якщо прийняти час гасіння за стандартною методикою 120 с, то загальний час імпульсної подачі води без втрат повинен становити 16 с. З врахуванням втрат – приймемо час подачі 30 с.

Беремо за основу процес охолодження поверхні куска коксу, для якого достатньо імпульсу подачі води 1-2 с, відповідно приблизно 5 с буде відновлюватись температура поверхні, усереднюватись температура куска коксу та зберігатись неокисне середовище в гасильному вагоні біля коксу. Але для створення такого середовища у всьому об'ємі масиву коксу у гасильному вагоні необхідний більший час, за який вода досягне поверхні похилого майданчика вагону.

Приймаємо, що мінімальний час першого імпульсу подачі стічної води становить 2 с – для зрошування усіх поверхонь, що можуть контактувати з киснем повітря. Це повинно зменшити початкову температуру поверхні куска (близько 950 °С) на 25 °С. Пауза в 10-15 с повинна забезпечити відсутність загоряння коксу. За цей час відбудеться підвищення температури поверхні куска за рахунок внутрішніх гарячих шарів коксу до температури незначно меншої від початкової температури поверхні. Враховуючи більшу інтенсивність дифузії за більших температур доцільно перші паузи робити коротшими. Тоді схема подачі за принципом «подача-пауза» буде наступною, с: 2-5, 2-6, 2-7, 1-8, 1-9, 1-10, 1-11, 1-12, 1-13, 1-14, 1-15. При цьому за першу хвилину час подачі води складе 9 с, за другу – 4 с, що забезпечить рівномірне охолодження куска коксу без утворення термічних напружень. Через 2 хв. такої подачі (11 циклів охолодження) очікувана температура поверхні коксу буде становити 450 °С, що достатньо для гарантування відсутності загоряння. Тому можна ще збільшити інтервали між імпульсами подачі води, оскільки вода, яка протікає не повністю використовує свою

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						40
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

охолоджуючу здатність, тобто під час пауз процес охолодження продовжується за рахунок випаровування води.

Парогазове окиснення фенолів без каталізаторів триває до зниження температури поверхні куска коксу до 800 °С, що досягається після 7-и циклів охолодження через 1 хв. гасіння. На першому етапі за такої схеми гасіння на розжарений кокс можна подавати протягом перших 7-и циклів охолодження нерозбавлені неочищені фенольні стоки, що направляються на біохімічне очищення. При цьому досягається повна ліквідація стічної води та її домішок з утворенням горючого водяного газу розширеного складу, який можна використовувати для енергетичних цілей. Оскільки вода подається на гасіння в імпульсі, поверхня часток коксу остигає не сильно, що зберігає можливість руйнування більшості її домішок, у тому числі масел, які за умови відсутності розкладання створюють на коксі плівку.

На 2-й хвилині першого етапу гасіння реалізуються наступні 4 цикли охолодження по 1 с, коли фенол вже окислюється повільно, водяний газ теж вже утворюється не інтенсивно. Тому в цей період краще подавати очищені на біохімічній установці заводу стічні води, які ще потребують доочищення на міських біопрудах для можливості скидання у водойми. У серії імпульсів такого водяного охолодження кокс охолоджується до температури нижче за його температуру самонагрівання, яку можна визначити методом диференціальної скануючої калориметрії, тобто до стану, коли гарячий кокс не матиме схильності до самовільного підвищення температури – менше ніж 500 °С. Усього буде подано 1,7 м³ води. Якщо при цьому близько 50 % вмісту фенолів другого етапу гасіння переходить у пару, а їх містилося у воді 0,15 г/дм³, то у повітря перейде 128 г, проти 3750 г за звичайного гасіння, тобто викид фенолів зменшується майже у 30 разів, що еквівалентно зменшенню розміру зони забруднення у 5,5 разів. Тобто, при використанні води нормативного складу зона перевищення ГДК буде радіусом менше за 200 м, що обмежує її розмірами підприємства. У разі ненормативного складу води на гасіння, як у випадку ХКЗ, зона забруднення обмежиться радіусом 400 м.

На другому етапі, коли куски коксу вже охолоджені до температури, яка не забезпечує руйнування домішок, здійснюється продовження імпульсного охолодження коксу вже технічною водою, яка не містить фенолів протягом 6 циклів за принципом «подача-пауза» за схемою, с: 1-15, що складе 96 с. Тобто загальний час гасіння буде

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						41
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

становитиме 219 с (3,65 хв.), а загальний час подачі води з них – 19 с (при цьому немає необхідності відстоювання гасильного вагону). Стандартне гасіння з відстоюванням вагону для стікання води становить до 180 с (3 хв.), тобто час близький. Враховуючи напружений графік роботи машиніста процесу гасіння рекомендують зменшувати час знаходження вагону у гасильній башті, тоді завершення охолодження коксу з температурою 450 °С можна проводити на рампі (зазвичай туди потрапляє кокс з температурою 250 °С, де завершують його гасіння та витримують до 20 хв.).

Якщо з печі видається 13 т коксу, то на гасіння звичайним методом подають до 50 м³ води. В імпульсному режимі буде витрачено на гасіння близько 8 м³ води. З них 4 м³ – буде повністю знешкоджено стічної не очищеної води, що подається на біохімічну установку; 2 м³ – води після біохімічної установки, змішаної з технічною водою; 2 м³ – технічної води. Якщо 50 м³ води на традиційне мокре гасіння було отримано шляхом розбавлення стічної води у пропорції 50/50, то випаровується близько 6 м³ води, з яких 3 м³ є технічною водою. Втрата технічної води при імпульсному гасінні буде приблизно такою самою.

Така схема подачі води на гасіння коксу значно підвищить ступінь руйнування фенолів, повністю ліквідує певний об'єм забрудненого стоку та його домішки. Одночасно за імпульсної подачі водяний газ буде встигати розсіюватися і його концентрація не досягне рівня вибухонебезпечності (або необхідна технологія відбору водяного газу та його використання на енергетичній установці).

За відомим досвідом впровадження імпульсного гасіння коксу – нераціонально робити імпульсну подачу за рахунок перемикання двигуна. Пропонуємо систему з керованим клапаном в об'ємі, що знаходиться під тиском. Таким чином, за запропонованим режимом подачі досягається зменшення витрати води у 6,25 рази, достатнє знешкодження стічної води та втрати технічної води аналогічні стандартній методиці гасіння.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						42
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

Розділ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Будь-яка система управління, в тому числі і СУОП, передбачає відповідні функції та завдання управління для досягнення поставленої мети (в галузі охорони праці – це забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці). Недооцінка, ігнорування факторів створення належних умов для безпечної праці завдають непоправної шкоди здоров'ю працівників, знижують продуктивність праці. За останні роки кількість працюючих в умовах, що не відповідають установленим нормам з охорони праці, зросла з 15 до 30 відсотків від загальної чисельності працівників і складає майже 3 млн. осіб. На роботах з такими умовами праці 25% становлять жінки. Це негативно позначається на стані їх здоров'я, визиває порушення перебігу вагітності та патологію серед народжених. Зростає кількість професійних онкологічних захворювань [22].

За даними Держкомстату в останні роки понад 1,5 млн. працівників працюють в антисанітарних умовах збільшеної забрудненості повітря на робочому місці хімічними речовинами, пилом, перевищень рівнів шуму й вібрації, важкості та напруженості праці. На деяких підприємствах кількість таких робітників досягає 67% загальної кількості працюючих. На підприємствах з виробництва коксу питома вага таких працівників складає 55,9%. Майже 17 тис. громадян щороку стають інвалідами праці, понад 300 тис. осіб одержують компенсацію за відшкодування шкоди внаслідок трудового каліцтва або професійного захворювання. З них близько 50 тис. осіб отримують компенсацію у зв'язку з втратою годувальника. Це загрожує проблемами у кадровому забезпеченні виробництв, особливо в таких галузях, як металургійна, хімічна та коксохімічна, вугільна та інших [23].

Специфіка коксохімічного виробництва характеризується високим ступенем вибухової, пожежної, хімічної небезпеки, що недостатньо враховано в "Правилах безпеки у газовому господарстві підприємств чорної металургії" [24].

Необхідне регламентування безаварійних зупинок основних об'єктів газового господарства та безпечне проведення ремонтних робіт на газопроводах і в газовому обладнанні; своєчасний ремонт агрегатів, будівель та споруд, які не відповідають нормативним актам з охорони праці. Так, середній вік роботи коксової батареї становить 25 років. Але третина батарей експлуатуються понад 35 років [25].

Статистичні дані щодо техногенних аварій на КХЗ свідчать, що пожежі та вибухи

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						43
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

частіше виникають в цехах уловлювання – на ділянках газопроводів коксового газу та у виробничому обладнанні (скрубери, колони, сепаратори тощо). Основними причинами цих подій є проведення електрозварювальних робіт, самозаймання сірчистих сполук заліза, несправність насосних установок, прогари труб печей та інші. Особливо небезпечним є період зупинки технологічних апаратів та трубопроводів на профілактичний огляд або ремонт. В цей період необхідно створювати необхідні умови для запобігання утворення вибухонебезпечних концентрацій в результаті неповного видалення з апаратів горючих речовин, недостатньої продувки парою або інертним газом, негерметичного відключення апаратів від сусідніх з ними трубопроводів з горючими речовинами. Про це свідчать пожежі та вибухи, що сталися на КХЗ.

Таким чином, пожежі та вибухи, що виникають на КХЗ, призводять до великих руйнувань. Вогнем за короткий час можуть бути охоплені сусідні апарати та будівлі. Складність процесу розвитку пожежі обумовлюється наявністю великої кількості технологічних апаратів, що мають висоту до 50 м (скрубери та колони), що розміщуються на порівняно невеликих виробничих майданчиках. Пожежна небезпека коксохімічного виробництва обумовлюється перш за все пожежовибухонебезпечними властивостями речовин та матеріалів, що обертаються – сировина, готова продукція – в основному горючі гази, легкозаймисті та горючі рідини]. Велика кількість коксового газу проходить через технологічні апарати та комунікації з метою вилучення з нього смоли, аміаку, фенолів, сірководню, бензольних вуглеводнів та переробки їх у готову продукцію: кам'яновугільну смолу, сульфат амонію, фенолят натрію, бензол, сірчану кислоту, коксовий газ очищений. З цих речовин не становлять пожежної небезпеки такі: сульфат амонію, фенолят натрію, сірчана кислота. Всі інші речовини є пожежовибухонебезпечними.

Найбільшу небезпеку на КХВ становлять апарати, ємності та комунікації з коксовим газом, що здатний з повітрям за визначених умов утворювати вибухонебезпечні суміші, а також з наявністю ЛЗР та ГР (бензол, кам'яновугільне масло). Дані процеси та апарати зосереджені в цеху уловлювання продуктів коксування, що є на КХЗ найбільш небезпечним. Так, за загальним об'ємом апаратів та комунікацій цеху горюче та пожежовибухонебезпечне середовище займає близько 13 000 м³, що складає 67,7 % від загального об'єму виробництва. Найбільша кількість горючого завантаження в апаратах, комунікаціях, ємностях знаходиться у відділенні уловлювання сірководню та бензолу – близько

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						44
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

10 000 м³. Значний вплив на пожежну небезпеку мають конструктивні особливості апаратів. Апарати (колони, скрубери) являють собою сталеві циліндричні апарати діаметром до 6 м та висотою до 50 м, що розміщені по одній лінії один з одним. У них знаходиться коксовий газ, десятки тонн поглинального масла та хордові насадки з деревини.

До основних причин виникнення пожеж на КХЗ можна віднести: порушення технологічного процесу; несвоєчасний чи недоброякісний ремонт апаратури та обладнання; невідповідність апаратури, обладнання, електросилових і освітлювальних ліній, електроарматури, контрольно-вимірювальних приладів, вентиляційних, опалювальних та інших систем, що відповідають вимогам норм; порушення передбаченого протипожежного режиму. Найбільш поширеною причиною є підвищення тиску усередині апаратів.

Загоряння пожежовибухонебезпечних сумішей на КХЗ стається від відкритого вогню форсунок, нагрітих поверхонь конструкцій технологічних печей, від іскор, що утворюються при неповному згорянні палива, ударах, терті. Причиною пожежі стає також самозаймання сірчистих сполук заліза, теплоізоляції, просоченої маслами тощо [26].

До основних причин техногенних аварій хімічного походження відносяться:

1. Помилкові дії персоналу. 2. Проектно-виробничі дефекти. 3. Зовнішня дія сил природи. 4. Низька якість будівельних матеріалів, конструкцій, а також виконання будівельних робіт. Для запобігання техногенно-екологічної небезпеки хімічних виробництв, необхідно суворо дотримувати спеціальних правил щодо технології, техніки безпеки, контролю за їх дотриманням.

За показниками умов і характеру праці основні професійні групи КХВ відносяться до 3-го класу з 4 класів відповідно до гігієнічної класифікації праці. Аналіз захворюваності з тимчасовою втратою працездатності та результатів медичних оглядів працівників показує, що онкологічна патологія зустрічається серед працівників, які контактують з канцерогенами.

Основним захворюванням в коксохімічному виробництві є «професійний рак», можливий антракох у цеху вуглепідготовки. Проблемі «професійного раку» приділяється велика увага на міжнародному рівні. Найнебезпечнішим агентом онкологічних захворювань на КХВ є бенз(а)пірен, а також продукти коксування вугілля з локалізацією пухлини в легенях, сечовому міхурі, шкірі. Канцерогенну небезпеку при коксуванні вугілля пов'я-

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						45
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

зують з виділенням у повітря робочої зони поліциклічних ароматичних вуглеводнів, які утворюються при горінні палива. Є відомості про стимуляцію канцерогенезу хімічними факторами довкілля – сірчистим ангідридом, оксидом азоту, фенольними сполуками. Основним ризиком виникнення раку органів дихання є вплив на працівників шкідливих професійних чинників – поліциклічних ароматичних вуглеводнів і газів коксового виробництва. Серед робітників, які обслуговують коксові печі існує висока смертність внаслідок раку легенів, простати та нирок [27].

У повітрі робочої зони присутні хімічні речовини, які мають канцерогенну дію: пил вуглецю, кам'яновугільні смоли, сажа, кремнію діоксид кристалічний, бензол, сполучення миш'яку, поліциклічні ароматичні вуглеводні, кислота сірчана, антрацен, фенантрен, нафталін. У формування несприятливого фону виробничого середовища вносять свій вклад і фізичні фактори: перепади температури повітря, шум, вібрація, інфрачервоне випромінювання. Такий комплекс несприятливих факторів підвищує ризик захворювання раком легень, шкіри, сечового міхура, нирок.

Періодичність медичних оглядів працюючих на онкобезпечних виробництвах має бути: в лікувально-профілактичних закладах (ЛПЗ) щороку, в центрах профпатології – не рідше 1 раз у 3 роки, а при підозрі на формування онкопатології – щороку.

Важкість праці на коксохімічному заводі машиністів живильника, транспортувальника, рушійника, обслуговування силосів, вугільної вежі, вагоноперекидувача, а також слюсаря-ремонтника відноситься до 3 класу 1 ступеня шкідливості за кількістю нахилів корпусу – від 108 до 176 за зміну, напруженість праці відноситься до 3 класу 2 ступеня шкідливості – емоційне навантаження у зв'язку з особистим ризиком і відповідальністю за безпеку інших осіб.

Праця робітників КХВ здійснюється в умовах несприятливого мікроклімату. В теплий період року температура повітря перевищує допустимі величини на робочих місцях вогнетривника, дверьового, машиніста коксовиштовхувача, тунельника, машиніста дверізнамальної машини, сортувальника коксу, рамповника, кабінника-кантовника. Найбільш висока температура зафіксована на робочих місцях машиніста дверізнамальної машини, барильєтника, газівника коксових печей, тунельника (до $43\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$). Теплове випромінювання на робочих місцях машиніста дверізнамальної машини, машиніста гасильного вагону досягає густини потоку $480\text{--}760\text{ Вт/м}^2$, на робочому місці дверьового – $1800\text{--}2000$

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						46
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

Вт/м² (що робить неможливим роботу без засобів захисту).

У холодний період року прийом і завантаження вугілля проводяться в умовах більш холодного мікроклімату. Відносна вологість повітря при цьому перевищує допустиму в цехах коксовому, сіркоочистки, ректифікації на 3–20%. Умови праці на основних робочих місцях за показниками мікроклімату відносяться до 3 класу 1, 2, 3, 4 ступенів шкідливості.

В умовах підвищеного рівня шуму, 83–94 дБА, працюють сортувальник коксу, машиніст коксовиштовхувача, машиніст живильника, транспортерник, рушійник, машиніст з обслуговування силосів та вугільної вежі, машиніст вагоноперекидувача. Умови праці працівників цих професій по шуму відносяться до 3 класу 1,2 ступенів шкідливості.

Перевищення ГДК пилу вуглецю від 2,1 до 2,9 разів (умови праці 3 класу 2 ступеня шкідливості) встановлено у цеху вуглепідготовки на робочих місцях дозаторника, рушійника, машиніста живильника, транспортувальника, машиніста мостового перевантажувача, машиніста вагоноперекидувача, електромонтера, слюсаря-ремонтника; перевищення ГДК пилу вуглецю від 1,1 до 2 разів зафіксовано на робочому місці машиніста силосів і вугільної вежі (умови праці 3 класу 1 ступеня шкідливості).

Таким чином, умови праці робітників за вмістом хімічних речовин не відповідають санітарно-гігієнічним вимогам і відносяться до 3 класу 1, 2 ступенів шкідливості: за концентрацією сірчаної кислоти на робочих місцях вантажника і апаратника отримання сульфату амонію, апаратників нейтралізації, промивки, переробки відходів хімічного виробництва, акумуляторників; за концентрацією бензолу – на робочих місцях апаратників перегонки сирого бензолу і промивки, слюсаря-ремонтника; за концентрацією бенз(а)пірену – на робочих місцях машиністів вуглезавантажувального вагону і коксовиштовхувача, люкового, барильєтника, апаратника малотонажної продукції. Встановлено також, що атмосферне повітря в районі димарів коксових батарей забруднене бенз(а)піреном у концентраціях, що перевищують ГДК у 3,87 – 9,0 разу. Це свідчить про можливість попадання значних концентрацій канцерогенних речовин у повітря селітебної зони (заселені площі міст і сел). В перспективі для покращення умов праці працівників КХВ необхідно удосконалювати нормативну базу та захисні технологічні й організаційні заходи. Наприклад – автоматизація деяких робіт.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						47
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

ВИСНОВКИ

1. Коксохімічне виробництво є складним технологічним процесом з термічною переробкою вугілля, хімічною переробкою летючих продуктів коксування, гасінням й сортуванням коксу, утворенням пірогенетичної вологи та використанням великих обсягів технічної води, що вимагає застосування оборотних циклів водопостачання.
2. КХВ супроводжується виникненням небезпек, які пов'язані з утворенням при коксуванні багатьох токсичних речовин, деякі з яких потрапляють у повітряний простір та у водойми, що вимагає впровадження різних заходів зі знешкодження викидів.
3. Значний внесок у забруднення атмосфери надає технологія мокрого гасіння коксу. Вимоги до вмісту у воді для гасіння шкідливих домішок, зокрема фенолів, не завжди дотримуються. Так, наявність фенолу у повітрі за органолептичними показниками фіксується й на відстані 4 км від башти гасіння, в той час, як за нормативних вимог він не повинен фіксуватися аналітичними приладами вже на відстані 2 км.
4. Проблеми мокрого гасіння усуває сухе гасіння, оскільки немає викидів токсичних речовин, але при цьому є викид CO_2 – парникового газу, відбувається значний угар коксу, все одно необхідно будувати установку мокрого гасіння для аварійного гасіння. Тобто, проблема зменшення викидів мокрого гасіння залишається.
5. Зменшення забруднення атмосфери та підвищення якості коксу при мокрому гасінні досягають за рахунок імпульсної подачі води. Сучасні режими імпульсного гасіння розроблено для досягнення найшвидшого гасіння без великих напружень у куску коксу, але при цьому не враховано можливість більш повного руйнування домішок за рахунок великої температури розжареного коксу після його видачі з печі.
6. Розроблено режим імпульсної подачі води на гасіння, який зберігає якість коксу, забезпечує більш повне руйнування домішок, «подача-пауза», с: 2-5, 2-6, 2-7, 1-8, 1-9, 1-10, 1-11, 1-12, 1-13, 1-14, 1-15 (1-а хв. – неочищені стічні води), 4 цикли 1-15 с (2-а хв. – очищені розбавлені стічні води), 6 циклів 1-15 с (3-я хв. – технічна вода).
7. Загальний час розробленого гасіння становить 219 с (час подачі води – 19 с) (стандартне гасіння 180 с (120 с)), зменшується витрата води у 6,25 рази, знешкоджується стічна вода, викид фенолів зменшується майже у 30 разів, зона забруднення у 5,5 рази, втрата технічної води близька до стандартної методики гасіння.
8. Умови праці робітників відносяться до 3 класу 1, 2 ступенів шкідливості.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						48
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

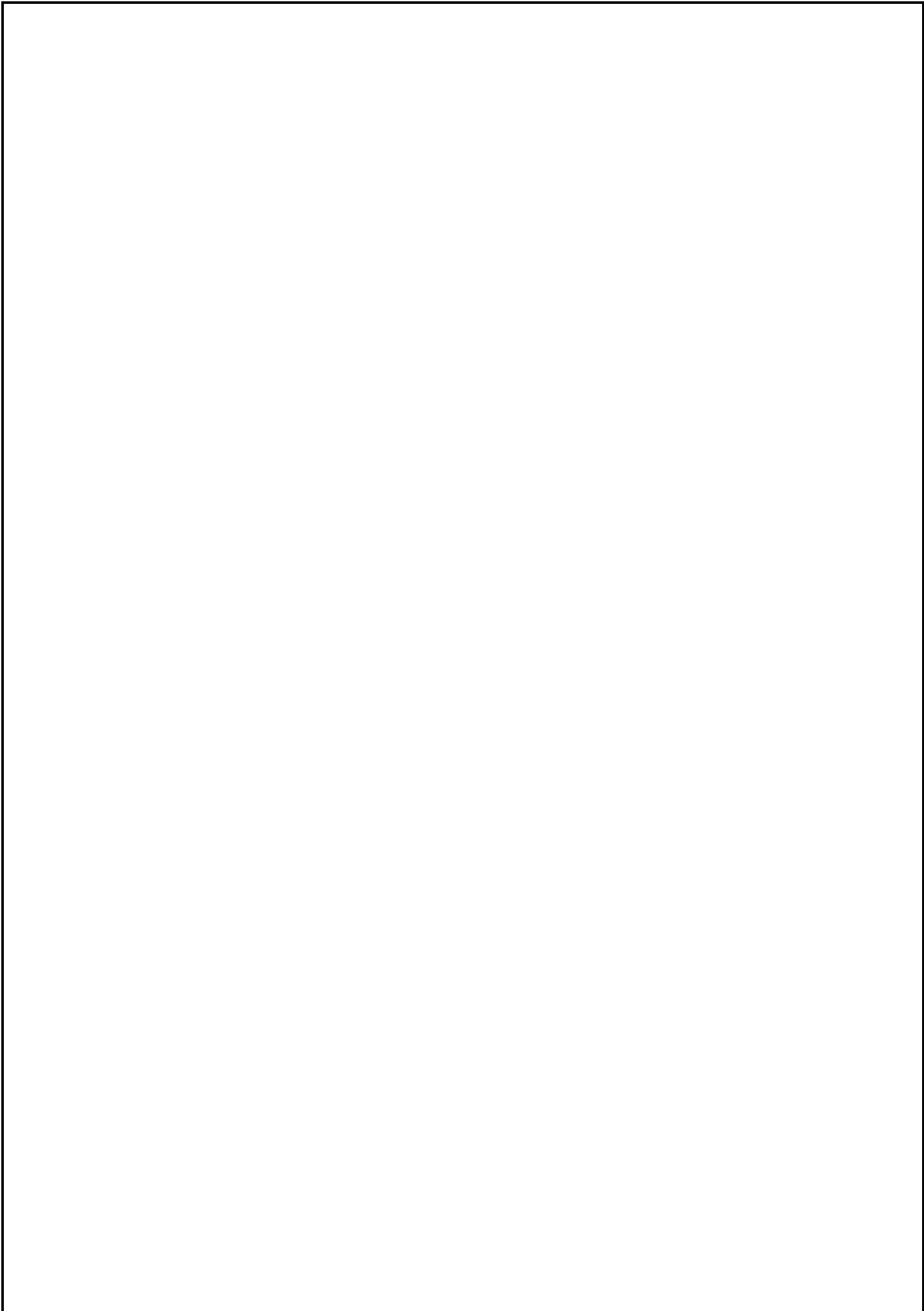
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. Справочник химика 21 URL :<http://chem21/info/info/657497/>
2. Державний комітет України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду. Наказ 10.06.2008 №135. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 3 липня 2008 р. за N 575/15266 «Про затвердження Правил безпеки в коксохімічному виробництві. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0575-08#Text>
3. Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств ПТЕ-2017. Затверджено наказом УНПА «Укркокс» № 18 від 29.12.2017. – Харків : ДП «Гипрококс», 2017. 283 с.
4. Быховская М.С., Гинзбург С.Л., Хализова О.Д. Методы определения вредных веществ в воздухе и других средах. М.: Медицина, 1966. 594 с.
5. Перегуд Е.А., Гернет Е.В. Химический анализ воздуха промышленных предприятий. Л.: «Химия», 1965. 364 с.
6. Лурье Ю.Ю., Рибникова А. И. Химический анализ производственных сточных вод. М.: Химия, 1966. 278 с.
7. [ГОСТ 5.1261-72] Требование к качеству аттестованной продукции от 15.02.1972 г. URL: <https://docs.cntd.ru/dokument/1200021080>
8. Груздева Н.А., Тейхриб Т.К. Подготовка и коксование угля. Сборник трудов ВУХІНа. №6. 1966. С. 344-349.
9. Пат. 2110552 Ru. МПК С10В39/02. Способ охлаждения кокса и устройство для его осуществления. Бабанин В.И., Зайденберг М.А. Заявка 5067508/04 от 05.10.1992. Опубл. 10.05.1998.
10. Гринберг А.М. Обесфеноливание сточных вод коксохимических заводов. М.: Metallurgy, 1968. 211 с.
11. Кауфман А.А, Харлампович Г.Д. Технология коксохимического производства. Ек.: ВУХИН, 2005. 288 с.
12. 1990 год – загрязнение питьевой воды г. Уфы фенолом. МЧС РБ. URL: <https://web.archive.org/web/20050115052159/http://www.mchsrб.ru/ec/big/fenol.shtml>.
13. Харлампович Г.Д., Чуркин Ю.В. Фенолы. М.: Химия, 1974. 376 с.
14. Мучник Д.А., Постольник Ю.С. Теория и техника охлаждения кокса. Киев, Донецк: Выща школа, 1979. 159 с.

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						49
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		

15. О.П. Михайлюк, В.В. Олійник, І.Я. Кріса, П.А. Білим, О.О.Тесленко Пожежна безпека об'єктів підвищеної небезпеки: Навчальний посібник. – Х.: УЦЗУ, 2010. - 343 с.
16. Мучник Д.А., Бабанин В.И. Возможности улучшения качества кокса вне печной камеры. Инфра, 2014. 368 с.
17. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами). Наказ МОЗ України від 9 липня 1997 р. N 201. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>.
18. Трегубов Д.Г. Застосування методу термічного випробування матеріалів у обертій камері / Д.Г. Трегубов // Проблемы пожарной безопасности – 2013. - №. 34. - С. 161-166. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3167>.
19. Исламов С.Р. Переработка низкосортных углей в высококалорийное топливо / Исламов С.Р. // Уголь. - 2012. - № 3. - С. 76–78.
20. Трегубов Д.Г. Прогноз ефективності флегматизації горючих систем кисневмісними сумішами / Трегубов Д.Г., Тарахно О.В., Шаршанов А.Я. // Проблемы пожарной безопасности. - Харьков: НУГЗУ. - №. 37. - 2015. – С. 228-234. Режим доступа: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/3196>.
21. Паспорт безопасности. Фенол $\geq 99,5\%$, р.а., кристаллический. Пересмотр: 14.02.2020. Carlroth, 2020. 16 с.
22. Закон України «Про охорону праці» від 21.11.2002р. №224-IV.
- 23.Ткачук К.Н.Управління охороною праці: Навч. Посібник. / Ткачук К.Н., Мольчак Я.О., Каштанов С.Ф., Полукаров О.І., Ткачук К.К., Полукаров Ю.О., Стасюк В.М.-Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2011.-288с.
24. НАПБ 01.039-2001. Правила пожежної безпеки для коксохімічних виробництв.
25. Державний комітет Україна з промислової безпеки , охорони праці та гірничого нагляду. Наказ №218 Про затвердження Правил охорони праці у газовому господарстві підприємств чорної металургії.
26. Технологічні нормативи допустимих викидів забруднюючих речовин від коксових печей. Наказ від 29.09.2009 № 507. Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 15 жовтня 2009 р. за № 965/16981. Із змінами, згідно з Наказом Міністерства екології та природних ресурсів № 184 від 30.05.2014.
27. Державна служба статистики України URL: <http://www.ukrstst.gov.ua>

					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
						50
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		



					НУЦЗУ. 2.17-69.СХ та ХТ. РПЗ-05	Лист
Зм	Лист	Підпис	№ докум	Дата		51