


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

ННІ/факультет	Навчально-науковий технологічний інститут
Кафедра	Хімічних технологій та інженерії
Спеціальність	161 Хімічні технології та інженерія
Форма навчання	денна

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

ПЕДЧЕНКА Івана Олеговича

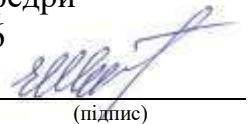
на тему	Впровадження технологічно-енергетичних комплексів на базі коксових батарей
за матеріалами	КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»
науковий керівник	к.т.н.  Шмельцер К.О. (підпис)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 13.06.2025 р. №16

Завідувач кафедри


(підпис)

к.т.н., доцент

К.О. Шмельцер

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

Рівень вищої освіти бакалавр
 Спеціальність 161 Хімічні технології та інженерія
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри Хімічних технологій та інженерії

(підпис) доцент, к.т.н.
 Шмельцер К.О.
(посада, вчене звання, прізвище, ініціали)
 «2» червня 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ПЕДЧЕНКО Івана Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Впровадження технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей

керівник кваліфікаційної роботи бакалавра Шмельцер Катерина Олегівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу №238-ст від «4» квітня 2025 р.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 02.06.2024

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи бакалавра Техніко-економічні показники роботи КХВ ПАТ «АМКР»



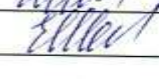

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

4.1 Аналітична частина: Огляд існуючих видів коксових печей та їх класифікація. Основні напрямки модернізації та реконструкції коксових батарей. Екологічні проблеми коксохімічного підприємства та шляхи їх вирішення.

4.2 Основна частина: Оцінка викидів парникових газів в умовах коксохімічного виробництва. Вивчення можливості впровадження екологічно чистого енергокомплексу на базі коксових батарей. Досвід освоєння енерготехнологічних установок на базі коксових батарей на підприємствах галузі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 Завданням графічний матеріал не передбачений

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Шмельцер К.О., доцент		
2 Основна частина	Шмельцер К.О., доцент		

7. Дата видачі завдання «21» квітня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	12.05.25	
2.	Основна частина	26.05.25	
3.	Оформлення пояснювальної записки	30.05.25	
4.	Подання роботи до кафедри	02.06.2025	
5.	Захист роботи в ЕК	18.06.2025	

Здобувач

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)
Шмельцер К.О.
(прізвище та ініціали)

*Примітка. Бланк друкується з обох сторін на одному аркуші.

АНОТАЦІЯ

Педченко І.О. Впровадження технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей – Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра за спеціальністю 161 «Хімічні технології та інженерія». Державний університет економіки і технологій. Кривий Ріг, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена впровадженню технолого-енергетичного комплексу на базі коксової батареї та установки знешкодження та утилізації тепла димових газів підвищує екологічні та теплотехнічні показники коксових батарей.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі встановлено, що існуюча схема коксохімічного виробництва з роздільними процесами виробництва коксу і вироблення теплової та електричної енергії має низку недоліків, у тому числі: низькі екологічні показники коксових батарей, котлів котелень і ТЕЦ; високі втрати тепла з вихідними газами коксових батарей, котлів котелень і ТЕЦ.

Кваліфікаційною бакалаврською роботою рекомендовано технічне рішення щодо створення технолого-енергетичного комплексу, що включає коксову батарею та установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї. Наведено основні параметри роботи установки та показники впливу її роботи на екологічні аспекти коксохімічного виробництва.

Показано, що впровадження установки може забезпечити: зниження вмісту NO_x у димових газах від коксової батареї на 20-40% і CO на 98-100% із забезпеченням міжнародних норм щодо викидів забруднювальних речовин; зниження концентрації твердих частинок у димових газах від коксової батареї в 2,5-6 разів; утилізацію тепла димових газів коксової батареї, що відходять, у кількості до 25 ГДж/год; виробництво до 85 т/год пари з енергетичними параметрами під час додаткового спалювання коксового газу (без будівництва нової димаря), що забезпечує потреби заводу в парі технологічних параметрів

і дає змогу додатково виробити 6 МВт електроенергії під час використання парової турбіни з протитиском або 18 МВт під час використання конденсаційної турбіни.

Проаналізовано позитивний досвід впровадження та експлуатації зазначеної установки на ВАТ «Запоріжжкокс».

Ключові слова: коксовий газ, викиди з димових труб, парникові гази, коксова батарея, технолого-енергетичний комплекс.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Огляд існуючих видів коксових печей та їх класифікація	9
1.1.1 Коксові печі з нижнім підведенням опалювального газу і повітря і нижнім регулюванням	9
1.1.2 Коксові печі з груповим обігрівом	10
1.1.3 Коксові печі з перекидними каналами системи ПК	11
1.1.4 Коксові печі з парними вертикальними клапанами і рециркуляцією продуктів згорання. Система ПВР	12
1.2 Основні напрямки модернізації та реконструкції коксових батарей	14
1.3 Екологічні проблеми коксохімічного підприємства та шляхи їх вирішення	16
1.4 Висновки до аналітичної частини	24
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	32
2.1 Оцінка викидів парникових газів в умовах коксохімічного виробництва	33
2.2 Вивчення можливості впровадження екологічно чистого енергокомплексу на базі коксових батарей	43
2.3 Досвід освоєння енерготехнологічних установок на базі коксових батарей на підприємствах галузі	51
2.4 Матеріальний баланс технологічного процесу коксування	53
2.5 Висновки до основної частини	58
ВИСНОВКИ	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	62

Сьогодні, коли важко переоцінювати значення для України вагомих заміників природного газу, стають актуальними питання використання, як енергетичного так і хімічного потенціалу коксового газу.

Основними вимогами до сучасної технології виробництва коксу вважають:

- дотримання вимог з охорони навколишнього середовища;
- зниження виробничих витрат;
- наявність технічних засобів, які дозволяють забезпечити нормальні умови праці, при зміні продуктивності, проведенні ремонтів, тощо.

Коксова батарея є джерелом викидів шкідливих речовин у атмосферу. Причому близько 80% цих викидів приходить на викиди з димовими газами.

Значні викиди забруднюючих речовин з продуктами згорання характерні спостерігаються протягом всієї експлуатації коксових батарей. Екологічні проблеми загострюються в умовах зміни кон'юнктури ринку металу, коксу та вугілля.

Тому розробка і впровадження природоохоронних, технічних рішень а також економія енергоресурсів, зниження витрат для виробництва теплової енергії, використання вторинних енергоресурсів є актуальними та першочерговими задачами для коксохімічної галузі.

Коксова батарея володіє значним енергетичним потенціалом у вигляді надлишкового коксового газу та вторинних енергоресурсів (тепло від гасіння коксу, димові гази). Отже, створення технолого-енергетичного комплексу на базі коксової батареї та установки знешкодження та утилізації тепла димових газів підвищує екологічні та теплотехнічні показники коксових батарей.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Огляд існуючих видів коксових печей та їх класифікація

Коксування вугільної шихти здійснюється у коксових печах, які представляють собою складні теплотехнічні спорудження.

Коксова піч складається з : а) камери, куди завантажується вугільна шихта; б) обігрівального простінку, який має систему отоплюючих каналів, в яких здійснюється горіння газу для обігріву стін камери; в) система газорозподільних і повітря підвідних каналів, що подають газ і повітря для опалення печей; г) регенераторів для нагріву повітря (і бідного газу) і для відводу продуктів горіння; д) відповідної арматури і механізмів.

Коксові печі класифікуються по наступних ознаках.

1. по режиму виробництва:

- а) періодичної дії;
- б) безперервної дії.

2. за способом опалювання:

- а) комбіновані (опалюються коксовим і бідним доменним газом);
- б) тільки коксовим газом;
- в) тільки доменним газом.

3. за схемою опалення:

- а) печі системи ПК (з перекидними каналами); гази з одного простінку через перекидний канал йдуть у сусідній простінок;
- б) печі з парними каналами і рециркуляцією (ПВР); один - висхідний канал - на горіння, інший низхідний – відводить продукти горіння.

4. за способом використання тепла продуктів горіння, що відходять, - регенеративні, тобто тепло використовується в регенераторах.

5. за способом підвода опалювального газу і повітря:

- а) з боковим підводом газу та повітря (коковий газ подається з боку по газорозподільному каналу - корнюру), а доменний газ і повітря - через газоповітряні клапани в подові канали регенераторів;

б) з нижнім підводом газу і повітря і нижнім регулюванням. Ці печі стоять на фундаментальній плиті, що спирається на колони. Під плитою знаходиться газо- і повітродозподільна мережа, звідки проводять роздачу газу і повітря.

У всіх нових конструкціях печей для поліпшення рівномірності обігріву їх по довжині і висоті камери у вертикалах обігрівальних простінків здійснюється рециркуляція продуктів горіння шляхом добавки їх з низхідного потоку у основі вертикала через вікно в полум'я висхідного потоку, що уповільнює згорання свіжого газу і повітря і подовжує факел полум'я.

1.1.1 Коксові печі з нижнім підведенням опалювального газу і повітря і нижнім регулюванням

Коксову батарею будують на залізобетонній плиті, що спирається на колони, розташовані на фундаментній плиті. У просторі, утвореному двома плитами і ізолюваному від впливу зовнішнього повітря, розташовані газопроводи і арматура опалювальних газів.

Основою конструкції печей з нижнім підведенням тепла є те, що багатий газ через спеціальні металеві патрубки, закладені в залізобетонній плиті при будівництві, проходить в газопідвідні канали (дюзи), виконані в розділових стінках регенераторів, і з них через пальники з отвором, що калібрується, виходить у вертикальні канали. Це дозволяє точно дозувати підведення тепла не тільки до кожного опалювального простінка, але і до кожного вертикального каналу.

Регенератори в печах цієї системи розділені на окремі секції, які сполучними каналами (косими ходами) зв'язані з певним вертикальним каналом.

При обігріві бідним газом повітря з приміщення під коксовою батареєю (тунеля), де розташовані всі регулювальні пристрої, під дією природної тяги, що створюється димарем, втягується в клапани, розташовані по сторонах

черневих каналів, що є нижньою частиною повітряних регенераторів опалювальних простінків.

Основними перевагами коксових печей з нижнім підведенням є кращі умови роботи персоналу, а також можливість точнішого і легше здійсненого дозування кількості тепла по довжині опалювального простінка, що створює передумови для забезпечення рівномірності якості коксу по довжині камери коксування і підвищення продуктивності печей.

1.1.2 Коксові печі з груповим обігрівом

Відмінною особливістю конструкції коксових батарей з груповим обігрівом є те, що горіння газу здійснюється одночасно у всіх вертикальних каналах опалювальних простінків по черзі з машинної або коксової сторони. Продукти згорання по збірному горизонтальному каналу, що розташований у верхній частині опалювального простінка, який проходить по всій його довжині, проходять у вертикальні канали сторони, що знаходиться на низхідному потоці, через косі ходи йдуть в регенератор і далі через череві канали у боров.

Багатий газ через один корнюр, розташований в основі простінка, підводиться по черзі до вертикальних каналів однієї із сторін простінка (машинної або коксової). Відповідно всі регенератори цієї сторони працюють на підігрів повітря, а всі регенератори протилежної сторони (низхідний потік) відводять продукти згорання, тому небезпечною, розділяючою різнойменні потоки стінкою є центральна перегородка в регенераторі. Печі з груповим обігрівом мають зазвичай невелику довжину 10 - 12 м, відповідно 20 - 22 вертикальних канали, висоту 3 м, ширину камери коксування 450 мм, корисний об'єм 14 - 15 м³.

Газовідвідний люк знаходиться посередині камери коксування, і відповідно газозбірник розташований по вісі батареї.

Перевага цієї системи в простоті конструкції, малому числі фасонів і марок цеглини. Недоліками є ослаблення будівельної міцності простінків в зоні горизонтального каналу, трудність з цієї причини збільшувати розміри камери коксування, а значить і продуктивність печей.

1.1.3 Коксові печі з перекидними каналами системи ПК

Головною відмінністю всіх систем з перекидними каналами є те, що горіння опалювального газу здійснюється одночасно у всіх вертикальних каналах одного опалювального простінка, а димові гази через виконані в зоні перекриття печей перекидні канали переходять в суміжний простінок на низхідний потік і через косі ходи і регенератори, розташовані під суміжним простінком, йдуть у борова і димар.

Існують коксові батареї з перекидними каналами систем ПК, ПК-2К комбіновані і ПК-2К некомбіновані для опалювання тільки бідним газом.

Повітря і бідний газ через регенератори і косі ходи попадають у вертикальні канали опалювального простінка. Продукти згорання з вертикальних каналів, що працюють на висхідному потоці, збираються в збірному горизонтальному каналі, який розділений, по довжині простінка на шість секцій, об'єднуючих по 4-5 вертикальних каналів. Кожна секція обслуговується одним перекидним каналом, по якому продукти згорання потрапляють у відповідну секцію збірного горизонтального каналу, через косі ходи проходять в регенератори, що працюють на низхідному потоці. Газові регенератори обслуговують по два простінки, у кожного простінка свій повітряний регенератор. Така компоновка дозволяє зменшити число небезпечних стін, що розділяють різнойменні потоки.

Кожні два простінки працюють попарно, тому в печах системи ПК обов'язково має бути парна кількість простінків. При обігріві печей коксовим (багатим) газом обидва регенератори (газовий і повітря) працюють на підігріві повітря.

У печах ПК всіх систем повітряні регенератори розміщені під непарними печами, над якими проходять перекидні канали, газові регенератори - під парними печами.

У простінку печей системи ПК всі косі ходи розташовуються перпендикулярно вісі простінка, газові косі ходи розміщуються у бік парної печі, а повітряні косі ходи - у бік непарної. На печах ПК-2К косі ходи розташовуються паралельно вісі простінка. У непарних простінках газові косі ходи розташовані в напрямі на машинну сторону, в парних — на коксову.

Багатий газ подається в обігрівальні канали кожного простінка через два канали, що газопідводять, які працюють одночасно : один подає газ в парні, інший - в непарні вертикальні канали.

Для поліпшення рівномірності прогрівання вугільного завантаження по висоті в печах ПК-2К здійснюється рециркуляція продуктів згорання за системою Н.К. Кулакова.

Для цього в розділових стінках між каналами виконані спеціальні канали (один або два). З верхньої частини вертикального каналу продукти згорання через рециркуляційний канал підсмоктуються в нижню частину вертикального каналу, подовжуючи факел горіння.

Переваги печей ПК-2К полягають в простоті конструкції, високій будівельній міцності, меншій кількості фасонного кирпича. Недоліками є підвищений опір опалювальної системи і трудність забезпечення рівномірного обігріву вугілля, що завантажене при збільшенні висоти камери коксування. Тому при будівництві нових коксохімічних заводів і коксових батарей на окремих майданчиках печі цих систем не будують.

Основна кількість печей різних систем з перекидними каналами має камери коксування з корисним об'ємом 21,6 і 20 м³, завдовжки 13-14 м, заввишки 4,3 м, шириною 407, 410 мм; 26 - 28 вертикальних каналів.

1.1.4 Коксові печі з парними вертикальними клапанами і рециркуляцією продуктів згорання. Система ПВР

Характерною особливістю цих печей є опалювальний простінок, що складається з попарно згрупованих опалювальних каналів. Кожна пара суміжних вертикальних каналів сполучена вгорі перевальним вікном, а внизу рециркуляційним для повернення частини продуктів згорання з низхідного на висхідний потік.

У печах ПВР під кожним опалювальним простінком розташовано два регенератори - один для бідного газу, інший для повітря, кожен з яких сполучений короткими сполучними каналами (косими ходами) з вертикальними каналами одного простінка і довгими з вертикальними каналами суміжного простінка. Багатий газ поступає через два канали (корнюри), що газопідводять, що проходять в газорозподільчій (корнюрній) зоні під всім опалювальним простінком. Один корнюр подає газ в непарні вертикальні канали, інший - в парні. У одну кантівку працює тільки один корнюр, тому в опалювальному простінку горіння газу відбувається через вертикальний канал в одній половині опалювальних каналів, а інша половина відводить продукти згорання.

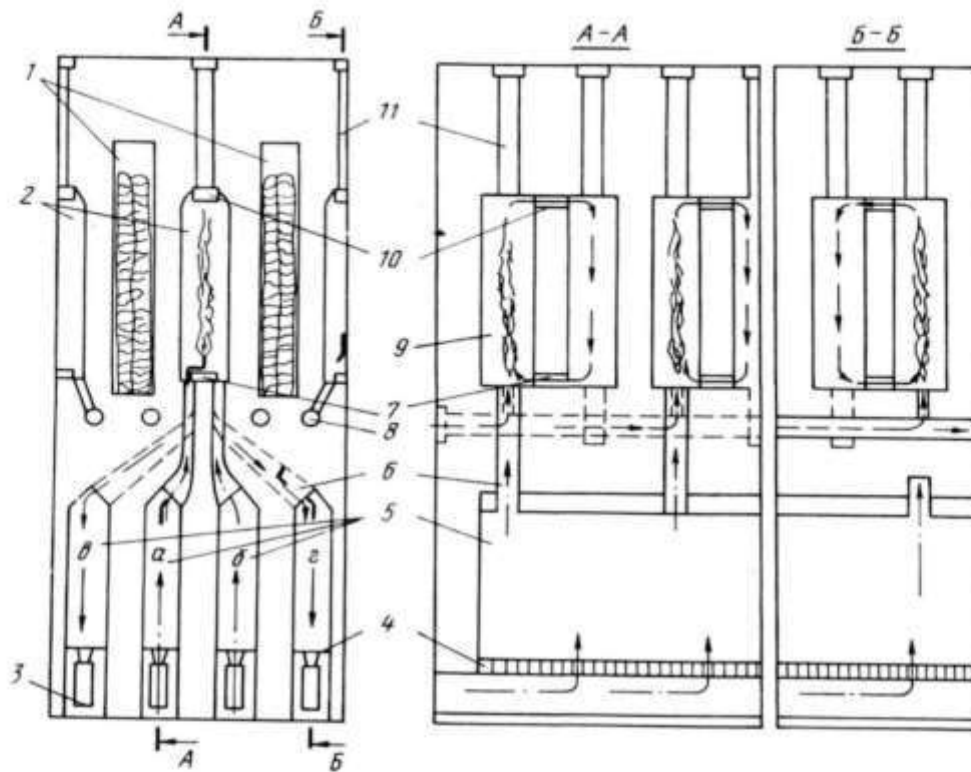
Такий же порядок горіння у вертикальних каналах і при обігріві бідним газом.

Розглянемо рух газових потоків в печах системи ПВР при обігріві різними газами.

При обігріві газом (рис 1.1), якщо працює непарний корнюр, газ поступає в непарні вертикальні канали простінка. Одночасно в цей простінок з регенераторів *a* і *б* по коротких косих ходах поступає повітря.

Продукти згорання, що утворюються, з непарних вертикальних каналів через перевальні вікна проходять в парних вертикальні канали, причому частина продуктів згорання через рециркуляційне вікно підсмоктується в зону горіння, подовжуючи факел. Продукти згорання з парних вертикальних каналів через відповідні довгі косі ходи проходять в регенератори *в* і *г* і далі через череневі канали у борова. Таким чином, на кожен простінок працюють

чотири регенератори: два на висхідному потоці і два на низхідному, а кожен регенератор, за винятком крайніх, пов'язаний з двома простінками.



- 1 - камера коксування; 2 - опалювальні простінки; 3 - подовий канал;
 4 - колосникова решітка; 5 - регенератор; 6 - з'єднувальні канали (косі ходи);
 7 - рециркуляційне вікно; 8 - газопідвідний канал; 9 - вертикальний канал;
 10 - перевальне вікно; 11 - смотрова шахточка: а-г - регенератори (сплошні стрілки - рух продуктів згорання; пунктир з крапкой - рух повітря; пунктир - рух газу)

Рис. 1.1. Схема горіння коксового газу в печах системи ПВР

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [1]

По довжині коксової батареї регенератори скомпоновані так, щоб були як омога менше стін, що розділяють різнойменні потоки. У разі обігріву бідним газом корнюри, природно, не працюють. В цьому випадку бідний газ з регенератора *а* по короткому косому ходу, а повітря з регенератора *б* поступають, наприклад, в парні вертикальні канали. Шлях продуктів згорання

аналогічний їх шляху при обігріві коксовим газом і вони також поступають в регенератори v і z , сполучені з суміжним вертикальним каналом. У печей цієї системи ширина камери коксування 407, 410 і 450 мм; висота 4300, 5000, 5500, 6000 мм; довжина від 13120 до 16000 мм. Відповідно опалювальні простінки мають 26-32 вертикальних канали.

Перевагами печей системи ПВР в порівнянні з печами інших систем є:

- 1) малий опір опалювальної системи;
- 2) висока рівномірність обігріву коксової камери по висоті;
- 3) вища статична міцність опалювального простінка (в порівнянні з печами, що мають збірний горизонтальний канал).

Недоліком печей типу ПВР є складніша у порівнянні з іншими системами конструкція газорозподільної (корнюрної) зони, у зв'язку з чим ускладнена конфігурація фасонних виробів і підвищена витрата вогнетривів.

1.2 Основні напрямки модернізації та реконструкції коксових батарей

Підтримка наявного пічного фонду в працездатному стані зумовлює необхідність реконструкції та технічного переоснащення коксохімічних підприємств на новій технічній основі зі здійсненням комплексу заходів з підвищення ефективності виробництва, екологічної безпеки та поліпшення умов праці. Останніми роками на підставі аналізу вітчизняної та світової практики виробництва коксу «Гіпрококсом» розроблено оптимальні технічні рішення щодо нового будівництва та реконструкції коксових батарей. Реалізація кожного з цих варіантів може здійснюватися за двома напрямками.

Реконструкцію коксових батарей можна здійснювати як зі збереженням наявної виробничої потужності, так і з її збільшенням на 15-20 %. При цьому збільшення потужності досягається за рахунок зміни основних габаритних розмірів, а також зменшення товщини стінки камери коксування до 90-100 мм. Передбачається максимально можливе використання наявних фундаментів

кокової батареї, вугільної вежі, димаря, фундаментів колій коксовиштовхувача та інших споруд з незначною їх реконструкцією.

Будівництво нових коксових батарей може здійснюватися на вільній території або на місці наявних зношених батарей. Такі коксові батареї відрізняються збільшеним корисним об'ємом камер коксування (41,3-63,4 м³) і великою продуктивністю (900-1250 тис. т/рік коксу 6 % вологості).

Таблиця 1.1

Характеристики нових коксових батарей

№ п/ч	Об'єм камер коксування, м ³	Розміри печей (в холодному стані), мм			Осьова відстань, мм	Підвод опалювального газу	Обігрів
		Довжина	Висота	Ширина			
1	21,6	13980	4300	410	1143	боковий	комбінований коксовий газ бідний газ
2	24,6	13120	4300	500	1233	боковий	коксовий газ
3	23,5	13120	5000	410	1200	боковий	комбінований
4	27,3	15040	5000	410	1260	нижній	комбінований
5	30,0	15040	5000	450	1260	нижній	коксовий газ
6	35,8	15900	5000	500	1340	боковий нижній	коксовий газ
7	30,3	15040	5500	410	1260	нижній	коксовий газ
8	32,3	15900	5500	410	1300	нижній	комбінований

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
9	35,2	15900	5500	450	1300	боковий	коксовий газ
10	35,5	14940	5500	480	1300	боковий	коксовий газ
11	30,7	13980	6000	410	1320	боковий	комбінований коксовий газ
12	32,7	13120	6200	450	1320	боковий	комбінований
13	41,3	15860	7000	410	1400	нижній	комбінований коксовий газ
14	42,9	15860	6650	450	1400	нижній боковий	коксовий газ
15	51,0	16820	7000	480	1570	нижній	коксовий газ бідний газ
16	63,4	18740	7400	500	1650	нижній	коксовий газ

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [3]

Однією з основних переваг печей конструкції «Гіпрококсу» є максимальна простота схеми обігріву і доступність для обслуговування і контролю основних елементів опалювальної системи.

Модернізація кладки коксових батарей здійснюється в плані герметизації та зміцнення окремих вузлів і зон, застосування поліпшеного перев'язування швів, різних замкових з'єднань, додаткового шпунтування, а також шляхом влаштування швів ковзання між масивами динасу і шамоту, що мають різні коефіцієнти термічного розширення. Зокрема, на коксових батареях, введених в експлуатацію за останні 5 років, проектом передбачається шов ковзання в перекритті печей. Це дає змогу забезпечити збереження кладки, її монолітність і герметичність під час розігріву та

подальшої експлуатації (рис. 1.2). Виконання кладки стін камер коксування з чергуванням стиків стінових виробів через 3 ряди зменшує утворення передчасних руйнувань (суцільних вертикальних тріщин). Для стійкої роботи обігрівального простінка і для запобігання його відхилення від вертикалі в процесі експлуатації передбачають т. зв. «защемлення» простінка в перекритті печей.

Зменшення товщини стін камер коксування дає змогу підвищити швидкість коксування (при цьому період коксування змінюється на 5,4-6,5 хвилини на кожен міліметр зміни товщини стінки за постійної температури в обігрівальних каналах) [1].

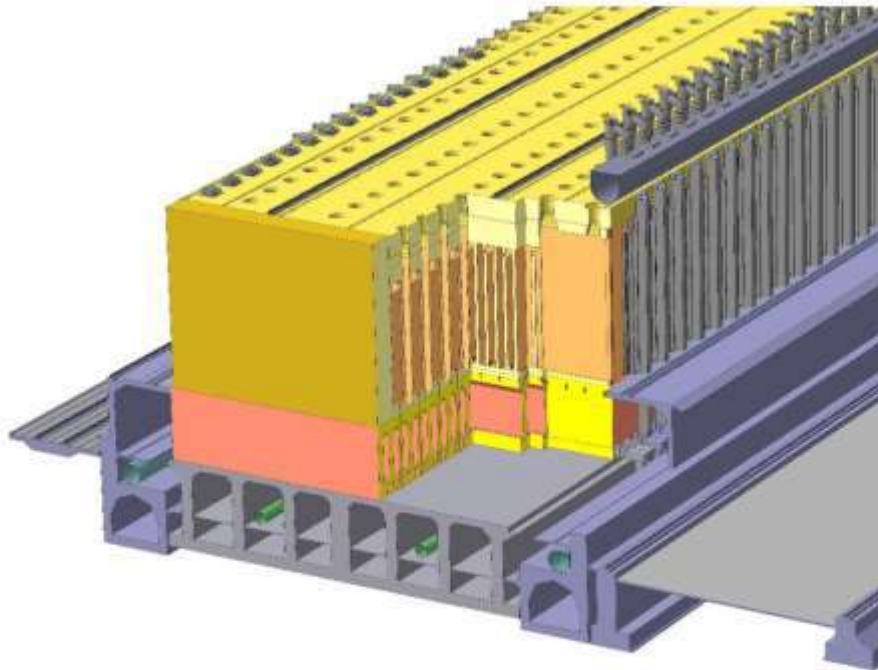


Рис.1.2. Коксова батарея, вогнетривка кладка

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [3]

З метою підвищення термічної ефективності роботи коксових печей, для кладки опалювальних простінків у низці проектів коксових батарей (КБ) застосовано вогнетриви, що забезпечують зменшену товщину стін камер: КБ

№1 Пьомбіно, Італія - 100 мм, КБ №1 ВАТ «ЗСМК», Росія - 90 мм, КБ №1 ТОВ «КЗ Ченстохова Нова», Польща - 100 мм. За рахунок цього при збереженні періоду коксування забезпечується зниження температур в обігрівальних простінках, а, отже, і зменшення витрат тепла на коксування. Також знижується кількість шкідливих викидів в атмосферу. Обстеження КБ № 1 ВАТ «ЗСМК» показало гарний стан кладки, при цьому тріщин і деформації кладки не виявлено. Для КБ № 2-біс ВАТ «МК «Азовсталь» і № 7 ВАТ «Северсталь» товщина стін камер коксування передбачається різною за висотою (у межах відповідно 115-105 мм і 105-95 мм). При цьому ширші стінові вироби виконуються зі спеціальними пазами з боку обігрівального простінка, що збільшує поверхню теплопередачі і забезпечує рівномірність температур по висоті камери за заданого періоду коксування.

Під час розроблення проектів як нового будівництва, так і реконструкції велика увага повинна приділятися підвищенню продуктивності коксових батарей. Ця мета досягається збільшенням ємності камер коксування, зокрема, збільшенням ширини камери, що, у свою чергу, дає змогу забезпечувати менш напружений режим роботи коксових машин. У 2006 р. введено в експлуатацію коксову батарею № 4-біс АТЗТ «Харківський коксовий завод» з печами шириною 500 мм.

Під час реконструкції коксових батарей з об'ємом камер 41,6 м³ застосовується як збереження основних габаритних розмірів печей, так і зміна розмірів камери коксування зі збільшенням середньої її ширини до 450 мм і зменшенням висоти до 6650 мм. Однією з найважливіших переваг збільшення ширини камер коксування є можливість зниження викидів газів і пилу під час завантаження шихти і видачі коксу з печей за рахунок зменшення кількості видач печей за тієї самої продуктивності. Отриманий у таких печах кокс вирізняється більшою крупністю і міцністю за тієї самої стираності. На думку Гіпрококсу ширина камер коксування 450 мм є кращою, ніж 410 мм.

Такі технічні рішення реалізовано в проектах коксових батарей №1-біс ВАТ «Запоріжжкокс».

У таблиці 1.2 наведено перелік коксових батарей, побудованих за проектами «Гіпрококсу» і введених в експлуатацію з 2005 р.

Таблиця 1.2

**Перелік коксових батарей, побудованих за проектами
«Гіпрококсу»**

№ п/ч	Підприємство, коксова батарея	Об'єм камер коксування, м ³	Дата пуску
1	ООО «КХЗ ДУНАФЕРР-ДБК» (Венгрия), КБ № 3	42,0	15.03.2006
2	АОЗТ «Харьковский КЗ» (Украина), КБ №4-біс	24,6	09.06.2006
3	ОАО «Ясиновский КХЗ» (Украина), КБ № 1	21,6	07.2006
4	ОАО «Алчевсккокс» (Украина), КБ № 10-біс	35,8	26.10.2006
5	«Миттал Стил Темиртау» (Караганда), КБ № 7	41,3	09.11.2006
6	ОАО «Миттал стил Кривой Рог» (Украина), КБ № 4	30,7	19.01.2007
7	ОАО «Миттал стил Кривой Рог» (Украина), КБ № 3	30,7	27.12.2007
8	PAKSTEEL (Пакистан), КБ № 2	30,5	03.10.2008
9	КЗ Радлин (Польша), КБ № 1-біс	35,8	24.11.2008

Запропоновані технічні рішення щодо коксових машин відповідають сучасному рівню в галузі коксового виробництва. На вуглезавантажувальних машинах передбачено регульоване завантаження коксових печей за допомогою шнекових живильників, а для зважування шихти в кожному бункері встановлено тензодатчики. Дверез'ємні машини платформного типу виконані з опорою ходових коліс на майданчик, що обслуговує, та естакаду УБВК, які обслуговують печі з однієї установки. Зонт коксонаправляючої оснащений газоперепускним візком.

На машинах, що обслуговують коксову батарею, застосовуються:

- безконтактні системи управління;
- бортові керуючі комплекси з використанням мікропроцесорів;
- гідроприводи для виконавчих механізмів;
- програмне автоматизоване управління групами операцій;
- система позиціонування;
- пристрої з автоматичної реєстрації часу видачі та номера печі;
- механізми пересування, оснащені приводами з частотним регулюванням.

Машини обладнані:

- механізмами і пристроями для механізації трудомістких робіт;
- пристроями для бездимного завантаження печей;
- пристроями для безпилової видачі коксу;
- пристроями для кондиціонування повітря в кабінах машиністів і кабінах електрообладнання.

Для коксових батарей з висотою камер коксування 5,5 м і нижче передбачається електровоз (гідровоз) зниженої висоти. Це, своєю чергою, дає змогу поліпшити відсмоктування пилогазоповітряної суміші під час видачі коксу з печей.

Впроваджені гідроприводи (технологічне обладнання та коксові машини), зокрема стояки, гідравлічний кантувальний пристрій, верстати, що опускаються, для ремонту дверцят, затвори вугільної вежі, централізоване змащування кранів опалювального газу дають змогу спростити кінематичні схеми, подовжити термін служби механізмів, зменшити масу машин і обладнання.

Вищевказані рішення виконані в робочих проектах реконструкції коксової батареї №1-біс ВАТ «Запоріжжкокс», №1-біс коксового заводу в м. Радлін (Польща). Таке рішення буде також реалізовано і для коксової батареї №1 Хута Ченстохова (батарея з боковим підведенням).

На особливу увагу заслуговують питання проектування, будівництва та освоєння проектної потужності коксової батареї №1-біс КЗ «Радлін» (Польща). Це перша батарея з технологією коксування трамбованої шихти, з нижнім підведенням і зі стаціонарними пристроями для трамбування. Введено в експлуатацію і перебуває в процесі налагоджувальних робіт блок В. Для усунення викидів пилу і газів під час завантаження і видачі коксу передбачають систему бездимного завантаження печей із застосуванням гідроінжекції (пароінжекції) і безпилової видачі коксу. «Гіпрококс» передбачає у своїх проектах стаціонарну установку безпилової видачі коксу - УБВК (колектор з ущільнювальною конвеєрною стрічкою і газоперепускним візком).

Проводяться дослідження по впровадженню локальної установки з відсмоктування та очищення пилогазовоздушної суміші на коксовиштовхувачі з машинного боку (вловлювання шкідливих викидів і їхнє сухе очищення під час обслуговування дверей). У виняткових випадках можливе також застосування локальної УБВК на дверезнімних машинах (очищення також сухе), але ці установки значною мірою менш ефективні, ніж стаціонарні.

З погляду проблеми зниження шкідливих викидів становить певний інтерес технологія виробництва коксу в печах без уловлювання хімічних продуктів коксування. Агентством з охорони довкілля в США ця технологія віднесена до категорії технологій, за яких досягається максимальне обмеження викидів. Печі працюють під розрідженням, тому викиди в атмосферу під час завантаження печей і видачі коксу зводяться до мінімуму. У таких печах весь газ, одержуваний у процесі коксування, спалюють безпосередньо в пічному просторі, забезпечуючи таким чином отримання тепла, необхідного для коксування. Наразі «Гіпрококс» розробляє коксову батарею з печами без уловлювання хімічних продуктів коксування. Габаритні розміри печей: довжина - 13,5 м, ширина - 3,6 м, висота - 2,9 м; висота вугільного завантаження - 1 м.

Ця технологія приваблива ще й тим, що дає змогу використовувати низькосортне вугілля, яке слабо спікається, для виробництва якісного коксу та утилізувати тепло газів, що відходять, для вироблення електроенергії (за річного обсягу виробництва 1 млн т коксу завдяки утилізації тепла газів, що відходять, може бути вироблено приблизно 90 МВт електроенергії).

1.3 Екологічні проблеми коксохімічного підприємства та шляхи їх вирішення

Сучасне коксохімічне підприємство — це великомасштабне комплексне виробництво, у якому утилізуються і переробляються всі компоненти коксівної сировини. Основною сировиною для коксохімічної промисловості служить вугілля [1].

Багатокамерні коксові батареї з розгалуженою комірчастою структурою опалювальною системою і періодичним технологічним циклом є основним джерелом викидів забруднювальних речовин в атмосферу на коксохімічних підприємствах.

Шаровий процес коксування в камерних печах має низку технологічних і теплотехнічних особливостей, що зумовлюють значні викиди забруднюючих речовин в атмосферу, причому понад 80% - це викиди з продуктами згорання опалювального газу.

До технологічних факторів слід віднести завантаження вологої (або сухої) холодної дрібнодисперсної вугільної шихти в нагріту до температур близько 1000 °С щілиновидну камеру коксування, вивантаження коксу з температурою близько 1100 °С, гасіння коксу тощо. До теплотехнічних - нагрівання вугільної шихти через вогнетривку гріючу стінку товщиною близько 100 мм, високу температуру в опалювальних вертикалях на рівні 1250-1350 °С, різні умови спалювання опалювального газу у вертикалях за довжиною обігрівального простінка, зміна газових потоків в опалювальній системі через 20-30 хвилин тощо.

Викиди забруднюючих речовин від коксохімічних підприємств щорічно зменшуються як рахунок впровадження природоохоронних заходів, так і за рахунок зниження виробництва коксу. Середні показники емісії (питомі викиди) за 2009 р. по коксохімічних підприємствах склали 3,58 кг/т коксу, що на 0,96 кг/т коксу нижче порівняно з 2005 р.

В той же час, забруднення атмосферного повітря залишається ще досить високим. Це обумовлено низькими темпами проведення реконструкції і впровадження сучасних технологічних процесів і технології, неефективною роботою пилогазоочисних установок або їх відсутністю, недотриманням підприємствами технологічного режиму.

Для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря в Україні впроваджується новий механізм регулювання в області охорони атмосферного повітря.

Згідно з новим механізмом регулювання, окрім санітарно-гігієнічних нормативів, які нормують концентрації забруднюючих речовин в атмосферному повітрі вводяться нормативи гранично допустимих викидів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел і технологічні нормативи, які

встановлюють допустиму нормативну концентрацію забруднюючих речовин для тієї або іншої технології.

Порядок розробки та утвердження нормативів, гранично допустимих викидів і технологічних нормативів встановлено Постановою Кабінету Міністрів України №178 від 28.12.2001 р. (табл. 1.3).

Викиди забруднювальних речовин в атмосферу під час коксування залежать від багатьох чинників (режим роботи коксових печей, термін служби, конструкція, герметичність опалювальної системи, рівень і умови експлуатації, спосіб гасіння коксу тощо), і на старих коксових батареях вміст пилу, оксидів азоту та вуглецю може сягати відповідно 1400, 1900 і 3500 г/т коксу [1-4].

Таблиця 1.3

Порівняння допустимих нормативів викидів забруднюючих речовин для коксових печей в Україні і країнах ЄС

Технологічні процеси обладнання	Найменування забруднюючих речовин	Технологічний норматив для коксових печей в Україні мг/м ³		Діючі нормативи для коксових печей TA-Luft, мг/м ³
		поточні, до 2015р.	перспективні, з 2015р.	
Коксові печі (димові труби- в перерахунку на вміст O ₂ -5%)	Оксиди азоту в перерахунку на NO ₂	750	500	500
	Діоксид сірки	1000 (до 01.01.2013)	500	280
	Оксид вуглецю	850	500	200
	Сполуки в вигляді твердих суспендованих частин	100	50	10
Коксортувальня: Після мокрого гасіння; Після сухого гасіння	Сполуки в вигляді твердих суспендованих частин	50	50	50
		150	50	
Видача коксу (стаціонарна установка без пилової видачі коксу)	Сполуки в вигляді твердих суспендованих частин	50	35	1,0

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5
Суше гасіння коксу: надлишковий теплоносій; вентиляційні викиди	Сполуки в вигляді твердих суспендованих частин	800	50	20
	Оксид вуглецю	8000	500	–
	Сполуки в вигляді твердих суспендованих частин	500	50	–
	Оксид вуглецю	1500	250	–
Установки з очищення газів при десульфуризації кокового газу	Діоксид сірки	2500	500	2500

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [4-8]

Вклад основних технологічних процесів і технологічного обладнання та валовий викид показаний в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4

**Вклад основних технологічних процесів і технологічного
обладнання та валовий викид**

Найменування технологічного процесу	Від загальних викидів, %	Забруднюючі речовини
1	2	3
1. Основне виробництво Транспортування вугільних концентратів, збереження, дроблення, дозування і подача на косові печі	1,5-2,0	Сполуки в вигляді суспендованих твердих частин

Продовження таблиці 1.4

1	2	3
2. Процес виробництва коксу 2.1 Неорганізовані викиди від процесів завантаження косових печей, видачі косу, тушіння, сортування, завантаження, газові коксові двері, люки та стояки. 2.2 Організовані викиди з димових труб коксових батарей (при обігріві коксовим газом)	15,0-20,0 65,0-80,0	Сполуки в вигляді суспендованих твердих частин, оксиди азоту, діоксид сірки, оксиди вуглеводню, аміаку, сірководню, ціаністий водень, фенол, бензол, нафталін Оксид вуглецю, оксид азоту, діоксид сірки, сажа
3. Обробка коксового газу, його охолодження, виділення смоли, уловлювання аміаку, бензолових вуглеводнів, сірководню, переробка кам'яновугільної смоли	10,0-15,0	Аміак, сірководень, сірковуглець, ціаністий водень, фенол, бензол, нафталін

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [5]

В таблиці 1.5 наведена характеристика фактичних викидів забруднюючих речовин димових труб коксових батарей при роботі на проектних періодах коксування, по яким підприємства мають дозволи на викиди та поточні технологічні нормативи, які дійсні до 2015 року, та перспективні – після 2015 року.

Згідно з таблицею 1.4, димові труби коксових батарей як і раніше залишаються основним джерелом викидів забруднюючих речовин, а основними забруднюючими речовинами є оксиди азоту, оксиди вуглецю та оксиди сірки.

З даних таблиці 1.5 видно, що поточні технологічні викиди по оксидам азоту та вуглецю в основному досягаються більшістю підприємств.

Таблиця 1.5

**Порівняльна характеристика викидів з димових труб коксових
батареї по окремим коксохімічним підприємствам**

Назва підприємства	Джерело викидів	Забруднюючі речовини	Концентрація забруднюючих речовин, мг/м ³		
			фактичні	тех.норм. до 2015 р.	тех.норм. після 2015 р.
ЗАО «Макеєвкокс»	димова труба к.б. №1,2	NO _x	547,75	750	500
		CO	648,65	850	500
		SO ₂	2244,62	1000	500
		пил	44,44	100	50
	димова труба к.б. №3	NO _x	591,67	750	500
		CO	650	850	500
		SO ₂	2265,33	1000	500
		пил	44,44	100	50
ОАО «Ясиновський»	димова труба к.б. №1	NO _x	497,09	750	500
		CO	512,98	850	500
		SO ₂	769,42	1000	500
		пил	44,44	100	50
	димова труба к.б. №5	NO _x	712	750	500
		CO	617,93	850	500
		SO ₂	995,56	1000	500
		пил	44,44	100	50
	димова труба к.б. №6	NO _x	720	750	500
		CO	634,84	850	500
		SO ₂	981,42	1000	500
		пил	44,44	100	50

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6
КХП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	димова	NO _x	654,09	750	500
	труба	CO	587	850	500
	к.б. №1	SO ₂	335,08	1000	500
		пил	80,51	100	50
	димова	NO _x	694,8	750	500
	труба	CO	967,75	850	500
	к.б. №2	SO ₂	334,77	1000	500
		пил	89,33	100	50
	димова	NO _x	343,66	750	500
	труба	CO	373,55	850	500
	к.б. №3	SO ₂	332,35	1000	500
		пил	37,5	100	50
КХП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»	димова	NO _x	343,66	750	500
	труба	CO	373,55	850	500
	к.б. №4	SO ₂	332,35	1000	500
		пил	44,44	100	50
	димова	NO _x	883,44	750	500
	труба	CO	1124,37	850	500
	к.б. №5	SO ₂	341,16	1000	500
		Пил	114,73	100	50
	димова	NO _x	976,86	750	500
	труба	CO	1035,94	850	500
	к.б. №6	SO ₂	341,08	1000	500
		Пил	125,31	100	50

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [4]

Традиційні методи зниження викидів (ступінчасте підведення газу і повітря в опалювальні вертикали, рециркуляція продуктів згоряння, оптимізація коефіцієнта надлишку повітря і паузи в кантуванні, удосконалення опалювальної системи тощо) не дають змоги забезпечити дотримання вітчизняних та міжнародних екологічних норм, особливо за умов старіння пічного фонду і збільшення прососів сирого і зворотного коксового газу [1, 5, 6].

Склад і кількість викидів забруднюючих речовин з димовими газами залежить від конструкції, строку служби, складу опалювального газу, температури в опалювальних вертикалах, прососів коксового газу в опалювальну систему та опалювального газу в димові газу, рівень та культура експлуатації. Більш низький показник емісії характерний для нових коксових батарей та батарей з високим рівнем обслуговування; більш високий - для старих коксових батарей з низьким рівнем обслуговування.

Однією з важковиконуваних умов є дотримання нормативів щодо викидів NO_x , особливо в умовах посилення законодавства з обмеження викидів і значного (понад 25 років за нормативного 20 років) терміну служби пічного фонду [5, 7].

Оксиди азоту, що утворюються в опалювальній системі, посідають особливе становище в низці забруднювальних речовин [2], оскільки на механізм їх утворення впливають основні технологічні фактори процесу коксування - температура і надлишок повітря, що йде на обігрів, гідравлічний режим в опалювальній системі та в камері коксування. На відміну від оксидів азоту, величини викидів діоксиду сірки, оксиду вуглецю і сажі, практично не залежать від режиму коксування, а визначаються характеристиками опалювального газу герметичністю гріючих стінок простінків. Оксиди азоту належать до 3 класу небезпеки.

Вміст оксидів сірки у димових газах коксових батарей обумовлюється ступенем очистки коксового газу від сірководню в цеху сіркоочистки, а при

прососах сирого коксового газу з камери коксування в опалювальну систему – сірчистістю вугільної шихти.

1.4 Висновки до аналітичної частини

На підставі аналізу стану екологічних проблем коксохімічного виробництва та шляхів поліпшення ситуації, можна сформулювати наступні висновки:

- традиційна технологія коксування обумовлює велику кількість оксидів в димових газах коксових батарей через високій рівень температур в каналах обігрівальних простінків та підсосу сирого коксового газу з коксових печей у опалювальну систему;

- для зниження викидів забруднюючих речовин із димових труб коксових печей необхідно забезпечити їх якісне та своєчасне обслуговування, вдосконалення технології очистки коксового газу від аміаку та сірководню, в цеху вловлювання встановлення дихальних клапанів та колекторних систем на повітряники ємностей;

- у відповідності до існуючих Програм природоохоронних заходів на коксохімічних підприємствах повинні бути збудовані нові або реконструйовані існуючі установки по очистці коксового газу від сірководню, які б забезпечили вміст сірководню в коксовому газі в межах $0,5 - 1 \text{ г/м}^3$. При цьому концентрація діоксиду сірки в димових газах не перебільшить 500 мг/м^3 ;

- необхідно продовжити роботу з встановлення дихальних клапанів колекторних систем на повітряники ємностей і сховищ цехів уловлювання переробки коксового газу;

- актуальним є впровадження природоохоронних технічних рішень, направлених на підвищення екологічної безпеки підприємства та економію енергоресурсів.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Оцінка викидів парникових газів в умовах коксохімічного виробництва

Економія вторинних енергетичних ресурсів і скорочення викидів парникових газів диктують необхідність застосування нових технологій переробки коксового газу. До теперішнього часу основним способом використання коксового газу залишалось спалювання його в якості висококалорійного палива.

Аналізуючи процеси з отримання енергетичних продуктів з надлишків коксового газу та нові технології з використання його хімічного потенціалу, можна зазначити, що надмірну кількість коксового газу великих підприємств можливо використовувати в наступних напрямках [8]:

- в якості палива на установках отримання електроенергії;
- в якості вихідної сировини для синтезу аміаку, аліфатичних спиртів, моторного палива;
- для вдування в доменну піч для заміни природного газу;
- для виділення водню і використання його в якості моторного палива.

Коксохімічне підприємство має значний енергетичний потенціал. З кожної тони вугільної шихти під час коксування утворюється 330-350 nm^3 коксового газу калорійністю $\sim 16760 \text{ кДж/м}^3$. Причому на обігрів власне коксової батареї витрачається до 50% газу, а інша частина витрачається на технологічні та енергетичні агрегати. Нерідко надлишок газу викидається в атмосферу через газоскидні пристрої. Також на коксовій батареї є значна кількість вторинних енергоресурсів (тепло розпеченого коксу, тепло димових газів коксових батарей тощо).

Глобальне потепління з усіма наслідками, що випливають, безпосередньо пов'язане з поняттям «парниковий ефект». Внесок парникових газів (ПГ), основними з яких є вуглекислий газ, метан, закис азоту і сполуки фтору (перфторвуглеводні, гідрофторвуглеводні, гексафторид сірки) у регулювання теплового балансу землі досить великий. Завдяки присутності в атмосфері цих речовин середня температура земної поверхні підтримується на рівні 33 °С, що й дає можливість існування життя на Землі. ПГ утворюють в атмосфері екран (подібний до парника-тепліці), прозорий для короткохвильової сонячної радіації, яка майже повністю поглинається земною поверхнею. Нагріваючись від сонячного тепла, земна поверхня стає джерелом земного довгохвильового випромінювання, яке ПГ поглинають, перешкоджаючи йому піти в космос [1].

Посилення парникового ефекту та зміна клімату є серйозною глобальною проблемою, розв'язанню якої присвячено низку міжнародних угод. Так, у 1992 р. було підписано Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату (РКЗК); 11 грудня 1997 р. у м. Кіото понад 160 країн підписали Кіотський протокол, що зобов'язує індустріально розвинені держави скоротити викиди вуглекислого газу [2].

У рамках РКЗК було вироблено міжнародну правову схему і набір принципів, прийнятних для більшості країн, що підписали її. У РКЗК прийнято, що зміна кліматичних умов є серйозною проблемою. Конвенція також запевняє країни, що розвиваються, в тому, що за ситуацію, яка склалася на даний момент, відповідальність нестимуть переважно промислово розвинені країни. Статус рамкової конвенції означає, що до неї можуть бути додані так звані протоколи, що визначають плани або конкретні заходи щодо зниження рівня викиду ПГ. При цьому фахівці з проблем довкілля критикували сторони, які підписали РКЗК, за те, що вони не встановили законодавчо обов'язкових завдань і часових діаграм скорочення викидів ПГ.

Саме тому Кіотська конференція стала найбільшою та найзнаменнішою подією у сфері захисту довкілля з моменту проведення міжнародного саміту в Ріо-де-Жанейро. Сформульований у контексті матеріально-правових обмежень на глобальному рівні, підписаний Кіотський протокол став значним досягненням.

Основним здобутком протоколу є визначення для кожної промислово розвиненої країни обов'язкових кількісних обмежень на викид ПГ, а саме: скоротити викиди ПГ у період 2008-2012 рр. на 5 % від рівня 1990 р. (останній узято за точку відліку як базовий рік). У додатку до протоколу обумовлені окремі вимоги до США, Японії та країн ЄС, які повинні скоротити кількість викидів на 7, 6 і 8 % відповідно [2].

Але, як уже зазначалося вище, термін дії Кіотського протоколу завершується у 2012 році. А це означає, що необхідно укласти черговий договір, спрямований на скорочення викидів ПГ з 2013 р. Причому особлива увага має приділятися більш жорстким обмеженням щодо викидів. У зв'язку з цим:

- 15 грудня 2007 р. завершилася конференція ООН з проблеми зміни клімату, що проходила на острові Балі. У результаті переговорів представниками зі 180 країн було розроблено рамкову угоду - юридичну основу для нового протоколу зі зниження викидів парникових газів з 2013 р., у якому візьмуть участь усі розвинені країни;
- 14 червня 2008 р. у Бонні (Німеччина) завершився черговий раунд міжнародних переговорів з проблеми зміни клімату;

- з 7 до 9 липня 2008 р. на японському острові Хоккайдо проходив Саміт глав держав «Великої вісімки». Учасники ще раз підкреслили рішучість узяти на себе лідерство в боротьбі зі зміною клімату. При цьому ключовим інструментом пом'якшення несприятливих наслідків кліматичних змін, на їхню думку, мають стати заходи, спрямовані на зниження глобальних викидів парникових газів, що сприяють переходу до «низьковуглецевої економіки». Насамперед, це розвиток екологічно чистої енергетики, поширення інноваційних низьковуглецевих технологій і практик, ширше використання поновлюваних джерел енергії, а також заходи з підвищення енергетичної ефективності.

Велику увагу учасники Саміту приділили обговоренню майбутнього міжнародного кліматичного режиму після 2012 р. Сторони розділили спільне бачення довгострокової мети зі зниження глобальних викидів парникових газів на 50 % до 2050 р. У грудні учасники міжнародної конференції ООН з кліматичних змін домовилися узгодити новий документ, який прийде на зміну Кіотському протоколу [3].

Україна підписала Кіотський протокол у 1999 р. і ратифікувала його 4 лютого 2004 р. Знизити кількість викидів ПГ на 5 % від рівня базового року не є проблемою для України, оскільки вже зараз ці викиди є значно нижчими, ніж потрібно. Це пов'язано з економічною кризою, яка наздогнала Україну в 1991 р. У результаті рівень розвитку енергетики та кількість спалюваного органічного палива значно впали, знизилася також і кількість викидів ПГ. Це дозволяє Україні брати участь у так званих «механізмах гнучкості», а саме:

- спільна реалізація (СР) надає можливість країнам інвестувати природоохоронні заходи в інших країнах, а зниження викидів зараховувати у свою квоту. У цьому сенсі Україна становить великий інтерес для розвинених країн, оскільки для зниження викиду вуглекислого газу на одну тону тут необхідно витратити 10-15 \$, тоді як у Японії - 600 \$, у країнах ЄС - 270 \$, у Росії - 20 \$ [4].

- міжнародна торгівля викидами передбачає передачу «надлишків» квот іншим країнам. За підрахунками експертів Україна перебуває на другому, після Росії, місці за кількістю «надлишків» квот: щорічно вона може надавати на міжнародний ринок 500 млн. т квоти на викиди ПГ.

За результатами розрахунків квот на викиди CO₂ у промислових галузях 75 % від їх загального обсягу становлять ГМК України (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

**Результати розрахунків квот на викиди вуглекислого газу
в галузях промисловості**

Галузь промисловості	Емісія ПГ, млн.т /рік			Надлишки квот, млн. т	
	1990 г.	2003 г.	2012 г.	Загальні	Можливий продаж
Гірничометалургійний комплекс	145,5	99,7	117,0	28,5	25,0
Хімічна промисловість	32,45	22,1	26,0	6,45	5,0
Машинобудівельний комплекс	9,65	6,0	6,9	2,75	0
Кольорова металургія	4,85	3,5	3,65	1,2	0

Крім того, слід зазначити, що дуже важливе значення має метод визначення емісії парникових газів. Їх усього два: схема «зверху - вниз» або схема «знизу - вгору». Перша передбачає проведення інвентаризації викидів ПГ у межах однієї країни на основі статистичних даних про обсяги споживаного палива. Зрозуміло, що розрахунок за такою схемою може бути приблизним, але саме цим методом зараз і користуються в нашій країні.

Точнішу інформацію можна отримати шляхом розрахунку за схемою «знизу - вгору», яка передбачає інвентаризацію викидів кожним підприємством самостійно з передачею інформації на наступний рівень організаційної схеми. Саме тому для підприємства ВАТ «Запоріжжкокс» нами було проведено розрахунок викидів парникових газів за основними на сьогодні методиками, як передбачає схема «знизу - вгору» [6].

Розрахунок річної емісії CO₂ проводили за трьома методиками:

- методикою, затвердженою в Україні;
- міжнародною методикою, запропонованою МГЕЗК (міжурядовою групою експертів з питань зміни клімату);
- за даними інструментальних замірів CO₂ на джерелах викидів.

1. Розрахунок річної емісії CO₂ за міжнародною методикою

За методикку інвентаризації викидів парникових газів прийнято «Переглянуті керівні принципи проведення національних інвентаризацій парникових газів МГЕЗК 1996 р.» [7, 8]. Ця методика є досить гнучкою, оскільки практично завжди передбачає кілька «рівнів» визначення викидів. Найпростіший із них потребує мінімуму даних та аналітичних можливостей. Складніший базується на детальних даних і, як правило, враховує специфічні особливості країни. Найвищий рівень зазвичай передбачає деталізацію даних до рівня підприємства і прямі виміри викидів більшості газів. Так, для виробництва енергії та тепла:

- перший рівень - балансовий розрахунок за даними про загальне споживання палива в країні (області);
- другий рівень - розрахунок викидів за категоріями джерел; у цьому разі мається на увазі розрахунок на базі даних про споживання палив у різних галузях та секторах економічної діяльності;
- третій рівень - конкретні дані по підприємствах, його зазвичай реалізують для обмеженого числа найбільших об'єктів.

У методиці міститься набір перерахункових коефіцієнтів для всіх видів розрахунків; їх використання обов'язкове. Вони іноді відображають специфіку регіону, вид палива, виробничий процес, а іноді це просто деякі середньосвітові дані. Але, якщо країна не згодна із запропонованими коефіцієнтами, вона може провести розрахунок для окремих об'єктів і надалі використовувати отримані результати.

Як балансовий розрахунок, так і розрахунок за категоріями джерел мають свої недоліки. Балансовий розрахунок (базовий підхід) проводиться на основі загальних даних про кількість спалюваного палива. Крім того, заведено вважати, що все паливо, продане в регіоні в роздрібній мережі або продане дрібним посередникам, там же і спалюється, що, м'яко кажучи, невірно. А розрахунок за категоріями джерел ніколи не дає повної оцінки загального обсягу спалюваного палива (наприклад, через неможливість врахувати внесок дрібних і приватних споживачів, для яких не потрібно і практично неможливо запровадити заповнення статистичних форм). Цифра, отримана в результаті такого розрахунку, завжди буде меншою за валову витрату палива. Причому така сама ситуація спостерігається і в розвинених країнах з налагодженою системою обліку викидів парникових газів. Тому пропонується спочатку проводити приблизну оцінку за базовим підходом, а потім - розрахунок за категоріями джерел. Виробництво коксу віднесено до сектору «виробництво електричної та теплової енергії підприємствами, що не належать до енергетичної галузі».

2. Розрахунок річної емісії CO₂ за кожним джерелом на основі інструментальних вимірів

На джерелах викидів проводилися вимірювання кількості парникових газів, що утворюються. При цьому використовувалися різні методи та обладнання.

Використовували сучасне обладнання: газоаналізатор типу «DELTA 1600 S-IV» (виробництво Німеччини), у якому розташовані інфрачервоний та електрохімічний сенсори. Інфрачервоний сенсор оснащений детекторами, що дають змогу визначати CO, CH у перерахунку на CH₄ і CO₂. Використання ІЧ сенсорів є найпоширенішим і найселективнішим підходом при визначенні частки CO₂ і CH₄ у складі складних багатокomпонентних газових сумішей. Похибка вимірювань за O₂ (CO₂) становить $\pm 0,2$ %. Додатково, за допомогою електрохімічного сенсора можна виміряти концентрацію O₂ і NO_x.

Традиційними методами (газова хроматографія і хімічний метод) вимірювання викидів парникових газів проводили з використанням хроматографа, робота якого заснована на виділенні з газового потоку необхідного компонента за допомогою сорбенту. Причому всі прилади пройшли попередню перевірку калібрувальними газовими сумішами.

Відбір проб для газового аналізу здійснювали під час роботи обладнання за технологічним регламентом за середнього періоду коксування. Кількість послідовних проб для кожного джерела кожним приладом становила не менше 5. забезпечувалося одночасне вимірювання різними приладами. Інтервал часу, в якому проводився відбір проб, становив не менше 20 хв. Причому за кожним приладом проводилося усереднення результатів вимірювань, а потім проводилося усереднення результатів вимірювань, отриманих різними приладами.

За даними прямих інструментальних вимірів визначали питомий викид (г/м³) на одиницю (1 м³) спалюваного палива. Річний викид CO₂ є результатом множення питомого викиду на річний обсяг спалюваного палива.

Розрахунок викидів від неорганізованих джерел проводять за такою методикою: за вимірним значенням концентрації CO₂ і витрати газоповітряної суміші від джерела визначають потужність викиду за 1 с. Річний викид отримують у результаті множення потужності викиду (г/с) на розрахунковий час викиду за рік.

3. Розрахунок річної емісії CO₂ за методикою, затвердженою в Україні

Розрахунки викидів парникових газів виконано відповідно до затверджених в Україні методик для різних технологічних процесів. Викиди парникових газів від організованих джерел визначалися згідно з «Посібником з проведення розрахунків обсягів викидів парникових газів на підприємствах гірничометалургійного комплексу України» з метою порівняння даних замірів і показників емісій, визначених розрахунковими методами [9].

Відповідно до методики викиди парникових газів від установок, що використовують паливо в коксохімічному виробництві (кокових печей), розраховують за загальною кількістю спаленого палива та коефіцієнтами емісії, розробленими в УХІНі та наведеними у Посібнику. Розрахунки виконуються для вуглекислого газу, метану і закису азоту.

Так, у разі використання як палива коксового газу коефіцієнти емісії становлять [4]: CO_2 , т/т - 1,263; CH_4 , г/т - 265,0; N_2O , г/т - 2,93.

Крім того, розрахунки виконуються для неорганізованих джерел, щодо яких не є можливим провести заміри. Неорганізовані джерела виділяють парникові гази в процесі коксування періодично, обсяги викидів з неорганізованих джерел значно поступаються викидам через димові труби кокових батарей.

Розрахунок кількості парникових газів, що викидаються під час спалювання коксового газу в паливоспалювальних апаратах (окрім кокових печей), здійснювали на основі об'єму газо-повітряної суміші ($\text{m}^3/\text{с}$) і вмісту в ній CO_2 ($\text{г}/\text{м}^3$) відповідно до методики визначення викидів забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок ГДК 34.02.305-2002.

Річні емісії CO_2 , отримані в результаті всіх проведених розрахунків, представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Річні емісії CO₂, розраховані за різними методиками

Методика	Річна емісія CO ₂ , тис. т CO ₂
Затверджена в Україні	480,74
Міжнародна	521,90
За даними інструментальних замірів CO ₂ на джерелах викидів	491,40

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [5]

Для порівняння хотілося б зазначити, що в 1990 р. викиди парникових газів від ВАТ «Запоріжжкокс» становили 1011,6 тис. тонн в еквіваленті CO₂; у 2004 р. - 514,1 тис. тонн в еквіваленті CO₂ (дані УХІН).

Порівнявши отримані дані, можна зробити такі висновки:

1. Результати розрахунків емісії CO₂ за методикою, затвердженою в Україні, і за міжнародною методикою різняться на 7,8 %;
2. Результати розрахунків емісії CO₂ за методикою, затвердженою в Україні, і методикою на підставі інструментальних вимірів різняться на 2,2 %.
3. В окремих випадках похибка досягала 15 %. Це зрозуміло, оскільки розрахунки проводяться на основі усереднених даних, тоді як насправді викиди від джерел розподіляються нерівномірно.

Незважаючи на те, що різниця між розрахованими результатами невелика, найдостовірніший результат можна отримати, виконавши прямі виміри на організованих джерелах викидів, на основі яких провести розрахунок викидів парникових газів.

Крім того, підприємства ГМК (та інші галузі промисловості) мають право самостійно реалізовувати надлишки квот у проєктах спільного впровадження за дозволом державних органів. Ідеться про надлишки, які можуть бути отримані в результаті впровадження природоохоронних заходів

у виробництві, таких, наприклад, як установка з теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксових батарей, яку впроваджено на ВАТ «Запоріжжкокс». Використання такої установки дає змогу підприємству не тільки економити паливо, а й отримувати за рахунок цього прибуток. По-перше, скорочується величина збору за забруднення навколишнього природного середовища, по-друге, можливий прибуток за рахунок участі підприємства в механізмах Кіотського протоколу.

2.2 Вивчення можливості впровадження екологічно чистого енергокомплексу на базі коксових батарей

Однією з найбільш обговорюваних глобальних проблем останнім часом стали кліматичні зміни, а саме факт повільного, але невідворотного зростання середньорічної температури планети.

Сучасне коксохімічне підприємство являє собою складне енергоємне виробництво. Так, на отримання 1 т коксу в Україні та в країнах ЄС витрачається 3,5; 3,4 і 3,3 ГДж тепла відповідно [5]. В Україні на одиницю продукції витрачається на 0,2 ГДж тепла більше, ніж у розвинених країнах ЄС. Тому питання енергозбереження сьогодні, в умовах енергетичного «голоду», є особливо актуальними.

Коксохімічне підприємство має значний енергетичний потенціал. З кожної тони вугільної шихти під час коксування утворюється 330-350 nm^3 коксового газу калорійністю $\sim 16760 \text{ кДж/м}^3$.

Причому на обігрів власне коксової батареї витрачається до 50% газу, а інша частина витрачається на технологічні та енергетичні агрегати. Нерідко надлишок газу викидається в атмосферу через газоскидні пристрої. Також на коксовій батареї є значна кількість вторинних енергоресурсів (тепло розпеченого коксу, тепло димових газів коксових батарей тощо).

Нині потреба коксохімічних підприємств у парі забезпечується за рахунок спалювання коксового газу в парових котлах котелень і ТЕЦ. Потреба в електроенергії забезпечується за рахунок зовнішніх джерел, а також від електростанцій, встановлених на коксохімічних виробництвах або металургійних заводах. При цьому коефіцієнт використання коксового газу з урахуванням його сірчистості перебуває на рівні 90%.

Вирішенню проблем енергоефективності та зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу приділяється значна увага, розробляється і впроваджується безліч прогресивних технологій [8, 9].

Пріоритетним напрямом видається розробка та впровадження технологій з одночасним підвищенням енергоефективності та екологічних показників. У 1999-2000 рр. НТП «Котлоенергопром» було розроблено енергетичний комплекс на стику двох технологій - технології виробництва коксу з вугільної шихти і технології виробництва теплової та електричної енергії.

Першу у світі установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї №1 потужністю 900 тис. т/рік коксу збудовано за проектом НТП «Котлоенергопром» на ВАТ «Запоріжжкокс» та введено в експлуатацію у 2002 р. (рисунок 2.1). Важливо зазначити, що установка була побудована за коксовою батареєю з терміном служби понад 20 років [10].

Установка містить у собі систему газоходів, спеціальний котел-утилізатор РК-85-40/440 конструкції НТП «Котлоенергопром» з реактором, тягодуттьовими пристроями і призначена для теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї.

Реактор призначений для теплового знешкодження димових газів коксової батареї і котла-утилізатора. У процесі освоєння установки були проведені дослідження комплексу «Коксова батарея - установка» під час роботи коксової батареї з різними коефіцієнтами надлишку повітря. Метою цих досліджень були [11]:

- визначення ефективності роботи установки за спеціального

режиму роботи коксової батареї з мінімально і максимально можливими коефіцієнтами надлишку повітря;

- визначення впливу витрати і способу подачі коксового газу в

реактор на зниження концентрації CO і NO_x у димових газах за установкою;

- визначення концентрації вуглецевмісних частинок і пилу в димових газах до і після установки;

- визначення точки роси димових газів.

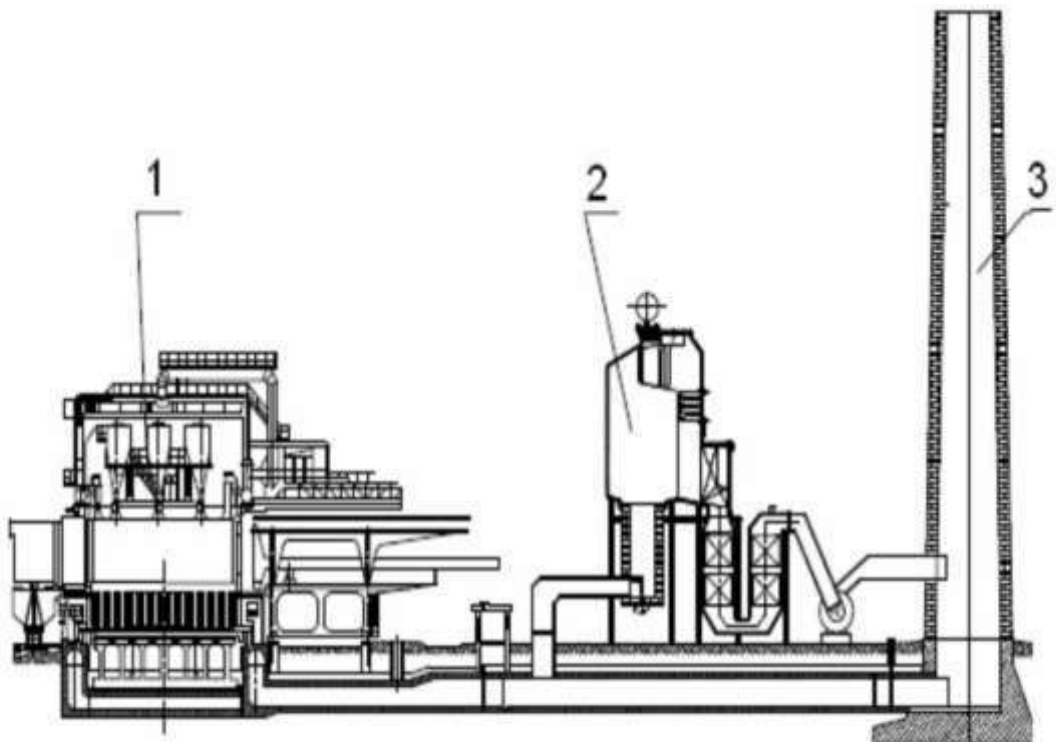


Рис.2.1. Технолого-енергетичний комплекс:

1- коксова батарея, 2- установка, 3 – димова труба.

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [6]

Для визначення вмісту забруднюючих речовин у димових газах використовували газоаналізатори, які в режимі реального часу здатні швидко й точно визначати концентрацію в димових газах O₂, CO, NO, NO₂.

Під час випробувань використовували прилади, які зареєстровані в Держреєстрі засобів вимірювань, мають свідоцтво про метрологічну атестацію Держкомітету зі стандартизації, метрології та сертифікації і мають свідоцтво про повірку. З огляду на вимоги ГОСТ 17.2.4.06, 17.2.4.07, КНД 211.2.3.063-98 та методичні рекомендації УХІНу щодо проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин в атмосферу на коксохімічних заводах відбір проб димових газів від коксових батарей проводили у боровах з боків батареї та у газоходах до та після установки. Довжину вимірювального зонда обирали такою, щоб крайні точки відбору проб знаходилися на відстані не менше 1,2 м від внутрішнього краю футерування. Під час аналізу димових газів для одержання точкової проби періодичність відбору прирівнювалася до часу швидкодії найінертнішої електрохімічної комірки газоаналізатора. Кількість точкових проб за 20-хвилинний інтервал розраховували за формулою:

$$n = 20 / \tau \quad (2.1)$$

де τ - максимальний час стабілізації показань комірок газоаналізатора.

З огляду на специфіку конструкції системи обігріву коксової батареї, що полягає у зміні газових потоків в опалювальних вертикалях («кантування»), відбір проб продуктів горіння проводили протягом щонайменше одного кантування під час спалювання газів у різнойменних вертикалях, тобто два кантування поспіль. За результат вимірювань приймалося середнє арифметичне значення серії результатів проб, що охоплюють дві кантовки.

Раціональним режимом роботи коксової батареї є такий, якому відповідає оптимальний коефіцієнт надлишку повітря. За теплотехнічними показниками оптимальним є значення α , за якого забезпечуються мінімальні втрати тепла з димовими газами за достатньої рівномірності та необхідного рівня прогріву коксового пирога. За екологічними показниками оптимальним є значення α , за якого забезпечуються концентрації забруднювальних речовин у димових газах, що не перевищують нормативні величини. У разі

неможливості одночасного досягнення нормативних значень вмісту оксиду вуглецю (CO) та оксидів азоту (NO_x) у димових газах оптимальний режим обирається за мінімально допустимим значенням масової концентрації NO_x.

Результати досліджень наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Результати дослідження роботи комплексу «Коксова батарея-установка»

№	Найменування		Одиниці вимірювання	Позначення	Значення			
Коксова батарея								
1	Витрата газу на обігрів		нм ³ /год	V _{гкб}	17500-18000			
2	Температура в контрольних вертикалах	машинна сторона	°C	t _{вмс}	1235			
		коксова сторона	°C	t _{вкс}	1265			
3	Температура в боровах	машинна сторона	°C	t _{бмс}	310-320			
		коксова сторона	°C	t _{бкс}	320-330			
4	Коефіцієнт надлишку повітря в димових газах коксових батарей перед установкою		-	α	мінімум	середній	максимум	
5	Продуктивність установки за парою		т/год	D _y	84-86			
6	Витрата коксового газу на котел		нм ³ /год	V _{гкот}	14000-16000			
7	Температура димових газів від коксових батарей за установкою		°C	t _г	180-185			
8	Коефіцієнт надлишку повітря в димових газах коксових батарей перед установкою		-	α _{yx}	1,35	1,5	1,7	
9	Витрата димових газів від коксових батарей на установку		нм ³ /год	V _г	140-143			
10	Викиди забруднюючих речовин при O ₂ =5%	Оксид вуглецю	до установки	мг/м ³	CO	8740	3200	2380
			після установки			0-60		
	Оксид азоту	до установки	мг/м ³	NO _x	290	460	580	
		після установки			220	320	470	

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [7]

Наведені в таблиці 2.3 дані свідчать про те, що найбільша ефективність роботи комплексу «Коксова батарея – установка теплового знешкодження та

утилізації тепла димових газів» досягається за роботи коксової батареї на спеціальному режимі з мінімально можливим коефіцієнтом надлишку повітря. При цьому сумарні викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергокомплексу, що включають батарею і котел-утилізатор, нижчі, ніж від однієї коксової батареї без установки.

Дані щодо запиленості газових потоків, наведені в таблиці 2.4, отримано аналітичним методом. Додатково проводилися досліді з визначенням концентрації твердих частинок сажовим насосом з відсмоктуванням газу через фільтрувальний папір. Використання сажового насоса дає змогу оперативно і з достатнім ступенем точності визначати запиленість потоку.

Таблиця 2.4

Результати визначення запиленості газових потоків

№	Найменування	Одиниці вимірювання	Значення	
			до установки	після установки
1	Концентрація	мг/м ³	52,0	16,8
2	пилу та		60,5	28,4
3	вуглевісних		89,6	30,1
4	частинок		47,5	9,7

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

Методику було вдосконалено - збільшено довжину зонда, внесено поправку на об'єм прокачуваної проби та проведено тарування за даними аналітичного методу.

Було виконано прив'язку числа Бахараха до значення концентрації твердих частинок, виміряних аналітичним методом. Використання сажового насоса дає змогу оперативно і з достатнім ступенем точності визначати запиленість потоку.

Дані таблиць 2.3, 2.4 свідчать про те, що установка теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів знижує концентрацію пилу і вуглецевісних частинок у 2,5-5 разів.

Таблиця 2.5

**Результати дослідження концентрацій твердих
частинок в димових газах**

№	до установки		після установки	
	число Бахараха	Концентрація твердих частинок, г/нм ³	число Бахараха	Концентрація твердих частинок, г/нм ³
1	5-6	0,05	2-3	0,02
2	6	0,05	1-2	0,01
3	8	0,09	2-3	0,015-0,02
4	Більше 9	Більше 0,1	2-3	0,025-0,03

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

У процесі освоєння роботи комплексу встановлено, що робота установки тільки в утилізаційному режимі, тобто без спалювання додаткового палива в реакторі, призводить до інтенсивного заростання низькотемпературних поверхонь нагріву котла-утилізатора відкладеннями вуглецевих речовин, що знижує ефект використання тепла димових газів і призводить до різкого збільшення гідравлічного опору газового тракту котла.

Для визначення точки роси димових газів використовувався прилад, розроблений НТП «Котлоенергопром». Дія приладу заснована на появі гальвано е.д.с. і падінні опору вимірювального елемента в момент випадання роси на його поверхні. У результаті виконаних досліджень встановлено, що точка роси димових газів за установкою становить ~ 160 °С.

Наведені в таблицях 2.3-2.5 дані свідчать про те, що конструкція і режим роботи першої у світі установки теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів від коксової батареї забезпечують значне зниження вмісту в газах CO, NO_x і твердих вуглецевих частинок.

Впровадження установки забезпечило:

- зниження вмісту NO_x у димових газах від коксової батареї на 20-40% і CO на 98-100% із забезпеченням міжнародних норм щодо викидів забруднювальних речовин;

- зниження концентрації твердих частинок у димових газах від коксової батареї в 2,5-6 разів;

- утилізацію тепла димових газів коксової батареї, що відходять, у кількості до 25 ГДж/год;

- вироблення до 85 т/год пари з енергетичними параметрами під час додаткового спалювання коксового газу (без будівництва нової димаря), що забезпечує потреби заводу в парі технологічних параметрів і дає змогу додатково виробити 6 МВт електроенергії під час використання парової турбіни з протитиском або 18 МВт під час використання конденсаційної турбіни.

Спеціальна система управління гідравлічним режимом роботи комплексу «Коксова батарея - установка» забезпечує: пряме безударне вмикання коксової батареї на димар у разі відключення установки, яка працює за відкритого клапана на газоході від коксової батареї до димаря; поліпшення гідравлічного режиму роботи коксової батареї за рахунок стабілізації розрідження в газоході перед димарем.

Порівняно з котлами звичайних котелень і ТЕЦ тепловий коефіцієнт використання коксового газу в установці значно вищий за рахунок використання для горіння кисню, що міститься в димових газах коксової батареї, та становить ~ 97%.

При цьому режим спалювання коксового газу в реакторі забезпечує порівняно низький рівень NO_x (у 2-2,5 раза нижчий, ніж при спалюванні коксового газу у звичайних котлах).

2.3 Досвід освоєння енерготехнологічних установок на базі коксових батарей на підприємствах галузі

Досвід освоєння та експлуатації установки дає змогу зробити висновок, що її конструкція і режим роботи органічно поєднуються з некаталітичними високотемпературними технологіями очищення газів від оксидів азоту і сірки з використанням різних реагентів. Наприклад, для більш повного очищення димових газів від NO_x можливе використання в реакторі високотемпературної аміачної технології [14-15]. Це є особливо актуальним з огляду на зростаючі вимоги розвинених країн щодо захисту навколишнього середовища.

З урахуванням позитивного досвіду експлуатації першої установки в 2006 р. введено в експлуатацію аналогічну установку за коксовою батареєю №2 ВАТ «Запоріжжкокс». У 2007 і в 2010 рр. у складі двох установок введено в експлуатацію два енергоблоки з протитисковою і конденсаційною турбінами загальною електричною потужністю 12 МВт.

У 2011 р. реалізовано розроблений НТП «Котлоенергопром» проект когенераційної установки електричною потужністю 12,5 МВт з використанням надлишкового коксового газу в установці теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї. Когенераційна установка електричною потужністю 12,5 МВт з тепловим знешкодженням та утилізацією тепла димових газів коксової батареї введена в експлуатацію та успішно працює з травня 2011 р.

З урахуванням кількості надлишкового коксового газу, що визначається технологічним і теплотехнічним режимами роботи коксової батареї, когенераційна установка виробляє 10-12,5 МВт електроенергії, з них 2,5-3 МВт йде на власні потреби підприємства, а решта електроенергії передається в міські електричні мережі.

Гіпрококс для часткового розв'язання енергетичних проблем коксохімічних підприємствах розробив і впроваджує установки сухого гасіння коксу (УСГК), які дають змогу утилізувати до 40% тепла, витраченого на

коксування [16]. Нині відзначається підвищений інтерес до впровадження УСГК не тільки для вирішення енергетичних і технологічних проблем, а й значною мірою для унеможливлення викидів в атмосферу забруднюючих речовин, пов'язаних із мокрим гасінням коксу, а також для зменшення викидів в атмосферу забруднювальних речовин, пов'язаних із мокрим гасінням коксу. Під час мокрого гасіння на 1 т загашеного коксу в атмосферу викидається оксиду вуглецю до 2800 г; сірководню до 195 г і коксового пилу до 35 г. Крім того, в атмосферу надходять феноли, ціаніди й аміак; кількість їх залежить від якості води, що подається на гасіння [17].

Однак під час експлуатації УСГК головною і невирішеною дотепер проблемою залишається викид надлишкового циркулюючого газу в кількості до 10 тис. $\text{нм}^3/\text{год}$ із вмістом оксиду вуглецю 6-12% і коксового пилу до 1 $\text{г}/\text{нм}^3$. Іншими словами, в атмосферу викидаються забруднюючі речовини у вигляді СО ~ 8000 т і коксового пилу ~ 8 т на рік, втрачається потенційне тепло в кількості ~ 62850 ГДж/рік від одного блоку потужністю по загашеному коксу 70 т/год.

Будівництво установок теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксових батарей дає змогу практично без додаткових витрат повністю виключити організовані викиди забруднювальних речовин в атмосферу від УСГК. Це досягається спрямуванням надлишкового циркулюючого газу УСГК до реактора установки, де відбувається допалювання горючих компонентів, унаслідок чого не тільки виключаються викиди забруднювальних речовин в атмосферу, а й додатково утилізується 4,2-10,2 ГДж/год тепла. Таким чином, при будівництві УСГК доцільно передбачати одночасно і впровадження установок за коксовими батареями, що дасть змогу повністю виключити викиди СО і коксового пилу в атмосферу з надлишковими циркулюючими газами УСГК.

НТП «Котлоенергопром» спільно з Гіпрококсом виконало робочий проєкт скидання і знешкодження надлишкового циркулюючого газу від

проектованих двох блоків УСГК з подачею газів у реактор установки №1 ВАТ «Запоріжжкокс».

Будівництво таких установок за коксовими батареями з урахуванням балансу коксового газу дасть змогу не тільки значно зменшити викиди забруднюючих речовин в атмосферу від коксових батарей і УСГК, а й отримати додаткову кількість теплової та електричної енергії.

Позитивний досвід упровадження установок теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксових батарей ВАТ «Запоріжжкокс» дає змогу намітити нову стратегію вирішення енергетичних та екологічних проблем коксохімічних підприємств: створення технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей.

З огляду на той факт, що установка зі знешкодження та утилізації тепла димових газів дає змогу одержувати від 16 до 34 ГДж/год унаслідок утилізації викидного фізичного й хімічного тепла димових газів однієї коксової батареї продуктивністю 400000-1000000 т коксу на рік, будівництво технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей вносить також значний внесок у розв'язання проблеми зниження викидів парникових газів в атмосферу [18].

2.4 Матеріальний баланс технологічного процесу коксування

Вихідними даними для розрахунку якості вугільної шихти є склад суміші та якість вугільних концентратів.

Марочний склад вугільної шихти для коксування наведено в таблиці

2.6.

Таблиця 2.6

Марочний склад вугільної шихти

марка вугілля	Компоненти шихти														
	Г	Ж	К	ОС	КС+ ОС	КС	ГЖ	Жр	ГЖО +Ж	Гр	ГЖ +Ж	ГЖ +К	ГЖ+ КС	Кр	К+ КС
%	18,6	29,3	28,5	3,0	1,5	5,8	0,2	3,0	2,7	0,2	1,1	1,6	0,1	1,8	2,5

Примітка. Джерело: Розроблено автором

Показники технічного аналізу вугільної шихти наведено в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7

Технічний аналіз вугільної шихти

Зольність $A^d_{ш}, \%$	Вміст загальної сірки $S^d_{ш}, \%$	Волога $W^p_{ш}, \%$	Вихід летких речовин, $V^{daf}, \%$
8,6	1,59	10,0	31,2

Примітка. Джерело: Розроблено автором

Дані технічного аналізу перераховуємо на робочу масу, а вихід летких речовин з органічної маси на суху зольну масу:

$$A^p_m = A^d_{ш} \cdot (100 - W^p_{ш}) / 100 \% = 8,6 \cdot (100 - 10,0) / 100 = 7,74 \% \quad (2.2)$$

$$S^p_m = S^d_{ш} \cdot (100 - W^p_{ш}) / 100 \% = 1,59 \cdot (100 - 10,0) / 100 = 1,43 \% \quad (2.3)$$

$$V^d_m = V^{daf} \cdot (100 - A^d_{ш}) / 100 \% = 31,2 \cdot (100 - 8,6) / 100 = 28,52 \% \quad (2.4)$$

Елементний аналіз на органічну масу шихти (%):

$$C^o_{ш} = 87,80 \%, \quad H^o_{ш} = 5,15\%, \quad O^o_{ш} = 5,18 \%, \quad N^o_{ш} = 1,87\%$$

Показники елементного аналізу шихти з органічної маси перераховуються на робочу масу:

$$C^p_{ш} = C^o_{ш} \cdot [100 - (W^p_{ш} + A^p_{ш} + S^p_{ш})] / 100 = 87,8 \cdot [100 - (10 + 7,74 + 1,43)] / 100 = 70,97 \%$$

$$H^p_{ш} = H^o_{ш} \cdot [100 - (W^p_{ш} + A^p_{ш} + S^p_{ш})] / 100 = 5,15 \cdot [100 - (10 + 7,83 + 1,4)] / 100 = 4,16 \%$$

$$O^p_{ш} = O^o_{ш} \cdot [100 - (W^p_{ш} + A^p_{ш} + S^p_{ш})] / 100 = 5,18 \cdot [100 - (10 + 7,83 + 1,4)] / 100 = 4,19 \%$$

$$N^p_{ш} = N^o_{ш} \cdot [100 - (W^p_{ш} + A^p_{ш} + S^p_{ш})] / 100 = 1,87 \cdot [100 - (10 + 7,83 + 1,4)] / 100 = 1,51 \%$$

Аналіз шихти на робочу масу зводиться в контрольний рядок:

$A^p_{ш} = 7,74 \%$, $S^p_{ш} = 1,43 \%$, $W^p_{ш} = 10,0 \%$, $C^p_{ш} = 70,97 \%$, $H^p_{ш} = 4,16 \%$, $O^p_{ш} = 4,19 \%$, $N^p_{ш} = 1,51 \%$ - сума цих показників дорівнює 100 %.

Прихідна частина

Кількість сухої шихти з 1000 кг робочої шихти:

$$G^c_{ш} = G^p_{ш} \cdot (100 - W^p_{ш}) / 100 \% = 1000 \cdot (100 - 10) / 100 \% = 900 \text{ кг} \quad (2.7)$$

Волога шихти з 1000 кг робочої шихти розраховується за формулою:

$$G^w_{ш} = G^p_{ш} \cdot W^p_{ш} / 100 \% = 1000 \cdot 10 / 100 \% = 100 \text{ кг} \quad (2.8)$$

Витратна частина

Розрахунковий вихід сухого валового коксу з сухої шихти за формулою ДП «УХІН»:

$$V^c_k = 94,84 - (0,635 \cdot V^d) = 94,84 - (0,635 \cdot 28,52) = 76,73 \% \quad (2.9)$$

Вихід сухого валового коксу на робочу шихту:

$$V^p_k = V^c_k \cdot (100 - W^p_{ш}) / 100 \% = 76,73 \cdot (100 - 10) / 100 \% = 69,06 \%$$

Вихід сухого коксового газу з сухої шихти:

$$V_{г.в.}^c = k \cdot \sqrt{V_{ш}^{daf}} = 2,84 \cdot \sqrt{28,52} = 15,17 \% \quad (2.10)$$

де k – емпіричний коефіцієнт, який залежить від природних властивостей вугілля та теплового режиму коксування. $k = 2,84$

Вихід обратного коксового газу на робочу шихту підраховується за формулою:

$$V_{г.в.}^p = V_{г.в.}^c \cdot (100 - W_{ш}^p) / 100 \% = 15,49 \cdot (100 - 10) / 100 \% = 13,65 \% \quad (2.11)$$

Вихід безводної смоли з сухої шихти знаходимо за формулою:

$$V_{см}^c = (-18,36 + 1,53 \cdot V_{ш}^{daf} - 0,026 \cdot V_{ш}^{daf^2}) \cdot k_{см} = (-18,36 + 1,53 \cdot 31,2 - 0,026 \cdot 31,2^2) \cdot 0,86 = 3,50 \% \quad (2.12)$$

$k_{см}$ – емпіричний коефіцієнт, який залежить від природних властивостей вугілля та теплового режиму коксування. $k_{см} = 0,86$

Вихід безводної смоли на робочу шихту:

$$V_{см}^p = V_{см}^c \cdot (100 - W_{ш}^p) / 100 \% = 3,50 \cdot (100 - 10) / 100 \% = 3,15 \% \quad (2.13)$$

Вихід бензолу з сухої шихти знаходимо за формулою:

$$V_{бен}^c = (-1,61 + 0,144 \cdot V_{ш}^{daf} - 0,0016 \cdot V_{ш}^{daf^2}) \cdot k_6 = (-1,61 + 0,144 \cdot 31,2 - 0,0016 \cdot 31,2^2) \cdot 0,76 = 1,01 \%$$

k_6 – емпіричний коефіцієнт, який залежить від природних властивостей вугілля та теплового режиму коксування. $k_6 = 0,76$

$$V_{бен}^p = V_{бен}^c \cdot (100 - W_{ш}^p) / 100 \% = 1,01 \cdot (100 - 10) / 100 \% = 0,91 \% \quad (2.16)$$

Вихід аміаку (100%) з робочої шихти розраховується за формулою:

$$V^{p_{ам}} = v \cdot N^{p_{ш}} \cdot 17/14 = 0,14 \cdot 1,51 \cdot 17/14 = 0,26\% \quad (2.17)$$

v – коефіцієнт переходу азоту шихти в аміак, $v = 0,14$

Вихід сірки в перерахунку на сірководень з робочої шихти розраховується за формулою:

$$V^{p_c} = k_c \cdot S^{p_{ш}} \cdot 34/32 = 0,25 \cdot 1,43 \cdot 34/32 = 0,38\% \quad (2.18)$$

де k_c – коефіцієнт переходу сірки шихти в сірководень, $k_c = 0,25$

Вихід пірогенетичної вологи з робочої шихти розраховуємо за формулою:

$$K^{p_{п.в.}} = k_o \cdot O^{p_{ш}} \cdot 18/16 = 0,485 \cdot 4,19 \cdot 18/16 = 2,29\% \quad (2.20)$$

де k_o - коефіцієнт переходу кислороду шихти в пірогенетичну воду, який залежить від природних властивостей вугілля та теплового режиму коксування, $k_o = 0,485$.

Нев'язка балансу або втрати виробництва знаходимо по різниці між прихідною та витратною частинами:

$$H = 100 - (69,06 + 13,65 + 3,15 + 0,91 + 0,26 + 0,38 + 2,29 + 10,0) = 0,3\% \quad (2.21)$$

Таблиця 2.7

Зведений матеріальний баланс коксування

Прихідна частина			Витратна частина		
Назва сировини	$V^p, \%$	$V^c, \%$	Назва продукції	$V^p, \%$	$V^c, \%$

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6
Суха шихта	90,0	100	Кокс валовий	69,06	76,73
Волога шихти	10,0	-	Коксовий газ	13,65	15,17
			Смола безводна	3,15	3,50
			Сирий бензол	0,91	1,01
			Амміак 100%-й	0,26	0,29
			Сірка в перерахунку на H ₂ S	0,38	0,42
			Волога шихти	10,0	-
			Пірогенетична вода	2,29	2,54
			Нев'язка	0,3	0,34
Разом:	100,0	100,0	Разом:	100,0	100,0

Примітка. Джерело: Розроблено автором

2.5 Висновки до основної частини

Наведено оцінку викидів парникових газів в умовах ВАТ «ЗАПОРІЖКОКС», проаналізовані методики для розрахунку річної емісії CO₂ за різними варіантами.

Розглянуто екологічні й енергетичні проблеми коксохімічних підприємств.

Запропоновано технічне рішення щодо створення технологічно-енергетичного комплексу, що включає коксову батарею та установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї.

Наведено основні параметри роботи установки та показники впливу її роботи на екологічні аспекти коксохімічного виробництва.

Вивчено досвід впровадження технологічно-енергетичних установок на провідних підприємствах галузі.

Розраховано матеріальний баланс процесу коксування.

ВИСНОВКИ

На підставі аналізу літературних та нормативних джерел показано, що існуюча схема коксохімічного виробництва з роздільними процесами виробництва коксу і вироблення теплової та електричної енергії має низку недоліків, у тому числі: низькі екологічні показники коксових батарей, котлів котелень і ТЕЦ; високі втрати тепла з вихідними газами коксових батарей, котлів котелень і ТЕЦ.

Встановлено, що створення технолого-енергетичного комплексу на базі коксової батареї та установки теплового знешкодження й утилізації тепла димових газів підвищує екологічні та теплотехнічні показники коксових батарей і котельних агрегатів, виключає необхідність будівництва димових труб котелень і ТЕЦ.

Зазначено, що позитивний досвід роботи установок за коксовими батареями підтверджує їхню значну енергоефективність і зниження викидів забруднюючих речовин в атмосферу.

За дослідними даними пряма утилізація тепла димових газів від коксових батарей без попереднього допалювання смолистих і твердих вуглецевмісних частинок неможлива внаслідок інтенсивного забивання поверхонь нагріву відкладеннями.

Встановлено, що сумарні викиди забруднюючих речовин в атмосферу з димовими газами енергокомплексу, включаючи викиди від коксової батареї та котла-утилізатора, нижче, ніж з димовими газами однієї коксової батареї до подачі їх на установку.

Отже, впровадження установок за коксовими батареями доцільне при:

- новому будівництві;
- незадовільного стану обладнання наявних котелень і ТЕЦ;
- значних викидів забруднювальних речовин в атмосферу з димовими газами, що призводять до виведення з експлуатації коксових батарей унаслідок перевищення нормативних викидів;

- будівництві УСГК.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Грес Л.П. Охорона навколишнього середовища. Дніпропетровськ: РНА Дніпро - ХАН, 2002.–104 с.
2. Михайлов Г.Н., Афанасьєв Ю.О., Плотников В.А. та ін. Викиди токсичних і корозійно-активних компонентів при спалюванні коксового газу. Кокс і хімія. 1996. №8. С.32-34.
3. Пир'їков А.Н., Васнін С.В., Баранбаєв Б.М. та ін. Захист навколишнього середовища на коксохімічних підприємствах. М.: Інтернет Інжиніринг, 2000. 176 с.
4. Ухмилова Г.С. Ефективність охорони навколишнього середовища в коксохімічному виробництві. Новини чорної металургії за кордоном. 2001. №1. С.6-25.
5. Fisher R. Environmental control of European coke plants at the beginning of the 21st century. / R. Fisher, M. Hein // Proceeding of the 4th European Coke and Ironmaking Congress, June 19–22. 2000. Paris. 543–546.
6. Войтенко Б.І., Рубчевський В.М., Рудика В.І. та ін. ВАТ «Запоріжжкокс»: новий етап модернізації виробництва. Кокс і хімія. 2009. №4. С.5-11.
7. Торяник Е.І., Борисенко А.А., Малиш А.С. та ін. До питання визначення еколого-теплотехнічної цінності коксових батарей. Кокс і хімія. 2009. №12. С.32-40.
8. Дамгард Л., Відрот Б., Швеція, і Шретер М., Данія. Зниження викидів NO_x за допомогою селективного каталітичного відновлення. Нафтогазові технології. 2005. №4. С.53-56.
9. Ухмилова Г.С. Новітні досягнення в технології виробництва коксу. Новини чорної металургії за кордоном. 2003. №3. С.13-18.
10. Антонов А.В. Порівняння технологій коксування з уловлюванням побічних продуктів і з утилізацією відхідного тепла. Новини чорної металургії за кордоном. 2011. №3. С.12-17.

11. Данілін Є.А., Герман М.С., Войтенко Б.І. та ін. Установка теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксових батарей. Кокс і хімія. 2003. №12. С.36-39.
12. Данілін Є.А., Лобов А.А., Рубчевський В.М. Досвід освоєння Установки теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксових батарей. Кокс і хімія. 2005. №11. С.35-41.
13. Патент України №60099, МПК С10В45/00, F23G15/00 / Автори Лобов А.А., Рубчевський В.Н., Вацилін С.В., Чернишов Ю.А., Данілін Є.А., Герман М.С., опубліковано 15.09.2003 р., Бюл. №9.
14. Ходаков Ю.С., Алфєєв А.А., Ржезніков Ю.В. та ін. Застосування СНКВ – технології для зниження викидів NOx котельними установками. Теплоенергетика. 2004. №5. С.53-59.
15. Скорик Л.Д., Іванов Ю.В., Арзуманян Е.Н. та ін. Промислова перевірка методу очищення димових газів ТЕС. Теплоенергетика. 1986. №7. С.58-59.
16. Фальков М.І. Енергозбереження та енергоефективність у проектах Гіпрококсу на підприємствах чорної металургії України. Кокс і хімія. 2009. №7. С.69-72.
17. Данілін Є.А., Лобов А.А., Свирін А. В. Створення технологічно-енергетичних комплексів на базі коксових батарей – перспективний напрямок розвитку сучасної коксохімії. Кокс і хімія. 2010. №6. С.40-46.
18. Лобов А.А., Чамара О.А., Борисенко А.Л. та ін. Оцінка викидів парникових газів ВАТ «Запоріжжкокс». Вуглехімічний журнал. 2009. №1-2. С.100-106.

ДОДАТКИ

Звіт подібності

метадані

Назва організації
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Заголовок
Педченко Іван Олегович

Актор Науковий керівник / Експерт
Педченко Іван ОлеговичШмельцер К.О.

Ідентифікатор
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв		23
Інтервали		0
Мікропробіли		0
Білі знаки		0
Парафрази (SmartMarks)		155

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Копію тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз		Колір тексту
порядковий номер	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА (URL (НАЗВА БАЗИ))	кількість центричних слів (фрагментів)
1	101_Афоніна 8/20/2024 O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv (O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv)	145 1.65 %
2	Удосконалення технологічного процесу кожового виробництва продуктивністю 1,28 млн. т/рік валового коксу 6% вологості 6/10/2022 Dniprovsk State Technical University (Хімічної технології неограничених речовин)	81 0.92 %

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку здобувача

Педченка Івана Олеговича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Хімічних технологій та інженерії
Спеціальність 161 Хімічних технологій та інженерії

Назва кваліфікаційної роботи Кваліфікаційна бакалаврська робота

Тема кваліфікаційної роботи Впровадження технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей

Керівник кваліфікаційної роботи: зав. каф., к.т.н., доцент Шмельцер К.О.
(посада, науковий ступінь, прізвище, ініціали)

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу проекту (роботи)	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консультанта	Примітка
1	Аналітична частина	Шмельцер К.О.	зарах	2.06.25	<i>Шмельцер</i>	
2	Основна частина	Шмельцер К.О.	зарах	2.06.25	<i>Шмельцер</i>	

Зав. кафедри

Шмельцер
(підпис)

К.О. Шмельцер

(ініціали, прізвище)

« 2 » червня 2025 р.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

бакалавра

Здобувача Педченка Івана Олеговича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи ХТ-21

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

Впровадження технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	62;
таблиць	12;
схем і рисунків	3;
листів графічної частини(демонстраційного матеріалу)	-.

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи бакалавра

Кваліфікаційна робота присвячена впровадженню технолого-енергетичного комплексу на базі коксової батареї та установки знешкодження та утилізації тепла димових газів підвищує екологічні та теплотехнічні показники коксових батарей. Кваліфікаційною бакалаврською роботою рекомендовано технічне рішення щодо створення технолого-енергетичного комплексу, що включає коксову батарею та установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї. Наведено основні параметри роботи установки та показники впливу її роботи на екологічні аспекти коксохімічного виробництва. Показано, що впровадження установки може забезпечити: зниження вмісту NOx у димових газах від коксової батареї на 20-40% і CO на 98-100% із забезпеченням міжнародних норм щодо викидів забруднювальних речовин; зниження концентрації твердих частинок у димових газах від коксової батареї в 2,5-6 разів; утилізацію тепла димових газів коксової батареї, що відходять, у кількості до 25 ГДж/год; виробництво до 85 т/год пари з енергетичними параметрами.

Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

Не наведено характеристик устаткування, не представлено розрахунків їх конструктивних параметрів.

В деяких місцях пояснювальної записки допущені стилістичні та орфографічні помилки та огріхи, в тексті зустрічається невдалий та некоректний переклад.

Характеристика загальної, спеціальної і виробничої підготовки автора кваліфікаційної роботи бакалавра, ступінь самостійності виконання роботи, уміння користуватися літературними матеріалами

Здобувач Педченко І.О. під час написання кваліфікаційної роботи бакалавра показав добру загальну та спеціальну підготовку, вміння працювати з літературними та нормативними джерелами. Над розділами роботи працював самостійно, висновки та розроблені рекомендації є актуальними, ефективними та обґрунтованими.

Можливість використання кваліфікаційної роботи бакалавра

Рекомендації щодо створення технолого-енергетичного комплексу, що включає коксову батарею та установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї є практичним та економічно доцільними та можуть бути впроваджені на коксохімічному виробництві ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Оцінка кваліфікаційної роботи бакалавра добре/78/С

Керівник Шмельцер Катерина Олегівна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Зав. кафедри, к.т.н., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)



(підпис)

« 13 » червня 2025 р.

*Примітка. Бланк друкується з обох сторін на одному аркуші.

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
(бакалавра, магістра)
 Здобувача Педченка Івана Олеговича
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи ХТ-21	
Тема кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Впровадження технолого-енергетичних комплексів на базі коксових батарей	
Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Вивчення можливості впровадження екологічно чистого енергокомплексу на базі коксових батарей	
Переваги кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Кваліфікаційною бакалаврською роботою рекомендовано технічне рішення щодо створення технолого-енергетичного комплексу, що включає коксову батарею та установку теплового знешкодження та утилізації тепла димових газів коксової батареї. Наведено основні параметри роботи установки та показники впливу її роботи на екологічні аспекти коксохімічного виробництва.	
Недоліки кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Не наведено характеристик устаткування, не представлено розрахунків їх конструктивних параметрів. В деяких місцях пояснювальної записки допущені помилки в оформленні та неточність перекладу.	
Рекомендації: робота може бути рекомендована до захисту.	
Рецензент	<u>Корній Марина Віталіївна</u> <small>(прізвище, ім'я та по-батькові)</small>

К. І. П. Додаток
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Корній
(підпис)

Д О В І Д К А
про перевірку тексту роботи програмно-технічними засобами

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
 навчальної/наукової праці;
 наукових матеріалів

Впровадження технологічно-енергетичних комплексів на базі коксових батарей
(назва)

автором/авторами або виконавцем якої є:

ПЕДЧЕНКО Іван Олегович
(ПІБ)

кафедра Хімічної технології та інженерії,
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 62 сторінки друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «StrakePlagiarism».

Рівень оригінальності становить 22,45 %.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

- власними публікаціями;
 термінологією;
 посиланнями на літературу, праці вчених;
 посиланнями на законодавство;
 загальноновживаними фразами.

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до захисту в ЕК
(подальшого розгляду, друку, опублікування)
на засіданні кафедри Хімічної технології та інженерії
(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

Навчально-наукового технологічного інституту Державного університету економіки і технологій від «13» червня 2025 р. протокол №16.

Керівник підрозділу


(підпис)

К. Шмельцер

Дата «13» червня 2025 р.

ЗГОДА здобувача(чки) освіти Державного університету економіки і технологій
про перевірку кваліфікаційної роботи на прояви академічного плагіату
та розміщення в Репозитарії ДУЕТ

Я, *Педченко Іван Олегович*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна бакалаврська робота («Впровадження технологічно-енергетичних комплексів на базі коксових батарей») виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) незгодувану допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

Із чинним Положенням про запобігання та виявлення академічного плагіату в роботах здобувачів вищої освіти Державного університету економіки і технологій ознайомлений(а). Чітко усвідомлюю, що в разі виявлення у кваліфікаційній роботі порушення норм академічної доброчесності робота не допускається до захисту або оцінюється незадовільно.

Також я поінформований(на), що відповідно до пункту 5.8 «Положення про Репозитарій (електронну базу даних) Державного університету економіки і технологій» згадана робота буде розміщена в Електронному архіві Університету (Репозитарії ДУЕТ) та ознайомлений(на) з умовами такого розміщення.

13.06.2025



**Декларація
про дотримання академічної доброчесності
під час написання курсової/кваліфікаційної роботи
здобувачем вищої освіти
Державного університету економіки і технологій**

Я, *ПЕДЧЕНКО Іван Олегівич*, здобувач(ка) IV курсу, групи ХТ-21 Державного університету економіки і технологій розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) заборонену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текст в інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

2.06.2025



І. Педченко