

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 РОБОТА МАГІСТРА

Ковшара Кирила Віталійовича

на тему Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури 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 14.01.2025 р. № 8

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 магістр

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)

« 15 » січня 2025 року

ЗАВДАННЯ

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ
ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ковшару Кирилу Віталійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи магістра Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури коксових батарей

керівник кваліфікаційної роботи магістра Шмельцер Катерина Олегівна, к.т.н.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу №796-ст від «21» листопада 2024 р.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 15.01.2025 р.

3. Вихідні дані кваліфікаційної роботи магістра Техніко-економічні показники роботи вуглепідготовчого цеху КХВ ПАТ «АМКР»





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

4.1 Аналітична частина: Аналіз технології коксування. Огляд конструкцій коксових печей. Конструктивні особливості газовідвідної арматури. Шляхи вдосконалення устаткування та поліпшення екологічної ситуації в коксових цехах

4.2 Основна частина: Вибір та обґрунтування коксових печей типу ПВР з використанням вдосконаленої газовідвідної арматури. Модернізація конструктивних характеристик арматури для відведення парогазових продуктів продуктів з коксових печей. Фізико-хімічні основи охолодження коксового газу в газозбірнику. Гідравлічний режим газозбірника. Розрахунок технологічного устаткування. Укрупнені розрахунки економічної ефективності запропонованих технологічних рішень.

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

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

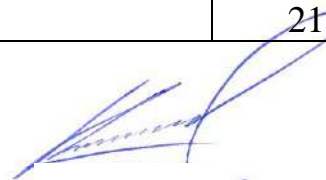
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 Аналітична частина	Шмельцер К.О., зав.каф.		
2 Основна частина	Шмельцер К.О., зав.каф.		

7. Дата видачі завдання «15» листопада 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	29.11.2024	
2.	Основна частина	20.12.2024	
3.	Оформлення пояснювальної записки	27.12.2024	
4.	Подання роботи до кафедри	15.01.2025	
5.	Захист роботи в ЕК	21.01.2025	

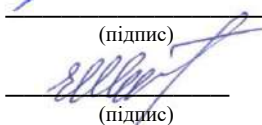
Здобувач


(підпис)

Ковшар К.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

Шмельцер К.О.

(прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Ковшар К.В. Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури коксових батарей. – Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота присвячена вдосконаленню конструктивних характеристик газовідвідної арматури для вдосконалення процесу евакуації легких продуктів, поліпшення умов експлуатації коксових батарей та екологічної ситуації в коксових цехах.

В випускній кваліфікаційній роботі магістра досліджено основні технологічні аспекти експлуатації коксових печей типу з використанням газовідвідної арматури різних типів (газозбірники круглого та коритоподібного перерізу).

На підставі аналізу екологічних аспектів роботи коксохімічного виробництва, встановлено, що у коксових цехах основними джерелами проникнення у повітря шкідливих газів можуть бути: завантажувальні люки, місця з'єднання стояків із клапанними коробками і клапанних коробок з газозбірником, кришки стояків і отвори в газозбірниках для згонки фусів, тушільні вежі, відстійники.

Встановлено, що модернізація газовідвідної арматури дозволить поліпшити умови праці, технологію первинного охолодження коксового газу, знизити масу устаткування на верху печей, спростити його експлуатацію, зменшити викиди шкідливих речовин, а також зменшити чисельність робочого персоналу, знизити витрати пару і аміачної води.

В кваліфікаційній роботі запропоновано запропонована модернізація газовідвідної арматури коксової батареї, суть якої полягає у застосуванні нової конструкції газозбірника коритоподібного типу та стояків. Зазначена реконструкція призведе до зменшення кількості викидів шкідливих речовин в

атмосферу, в результаті повного усунення виділення коксового газу через нещільність кришок стояків і розтрубних з'єднань клапанних коробок, а також до зниження витрати енергетичних витрат: електроенергії, які можна охарактеризувати за допомогою зменшення витрати електроенергії за рахунок зменшення маси газовідвідного устаткування на верху батареї на 30-40%, що обумовить скорочення споживаної електроенергії приблизно на 25 %.

Ключові слова: коксова піч, коксування, коксовий газ, газозбірник, стояк, перекидний газопровід, клапанна коробка.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Технологія коксування	9
1.2 Огляд конструкцій коксових печей	14
1.3 Конструктивні особливості газовідвідної арматури	21
1.4 Шляхи вдосконалення устаткування та поліпшення екологічної ситуації в коксових цехах	29
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	35
2.1 Вибір та обґрунтування коксових печей типу ПВР з використанням вдосконаленої газовідвідної арматури	35
2.2 Фізико - хімічні основи охолодження коксового газу в газозбірнику	41
2.3 Гідравлічний режим газозбірника	43
2.4 Модернізація конструктивних характеристик арматури для відведення парогазових продуктів продуктів з коксових печей	47
2.5 Розрахунок матеріального балансу	50
2.6 Розрахунок матеріального балансу газозбірника	55
2.7 Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень	67
ВИСНОВКИ	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	73

ВСТУП

Коксохімічне виробництво є джерелом забруднення водного, й особливо повітряного басейну викидами пилу й хімічних сполук, що входять до складу коксового газу, таких як аміак, оксид азоту, діоксид сірки, феноли, сірководень тощо.

У коксових цехах основними джерелами проникнення у повітря шкідливих газів можуть бути: завантажувальні люки, місця з'єднання стояків із клапанними коробками і клапанних коробок з газозбірником, кришки стояків і отвори в газозбірниках для згонки фусів, тушільні вежі, відстійники.

Тому поліпшення екологічної ситуації, у зв'язку зі строгими вимогами по екології, є актуальним питанням і головне завдання запобігти появам нових джерел забруднення - підприємств, машин й агрегатів без очисних споруджень і пристроїв.

Одним із напрямків вирішення екологічної проблеми являється реконструкція коксового цеху із впровадженням нової конструкції газовідвідної арматури, коритоподібний газозбірник установлений з машинної сторони, якому значно уступає раніше спроектований і впроваджений в експлуатацію газозбірник круглого перетину.

Модернізація газовідвідної арматури та впровадження нової конструкції газозбірника у вигляді корита із круглим дном дозволить поліпшити умови праці, технологію первинного охолодження коксового газу, знизити масу устаткування на верху печей, спростити його експлуатацію, зменшити викиди шкідливих речовин, а також зменшити чисельність робочого персоналу, знизити витрати пару і аміачної води.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Технологія коксування

Під коксуванням в загальному вигляді розуміють складний процес перетворень палива при нагріванні до високих температур без доступу повітря. Характер цих перетворень залежить від кінцевої температури нагрівання палива. Зазвичай коксування завершується при кінцевій температурі нагріву в інтервалі 950 – 1050 °С. Цей процес називається високотемпературним коксуванням. Кінцева температура нагріву суттєво впливає на вихід і якість хімічних продуктів, а також на якість твердого залишку [1].

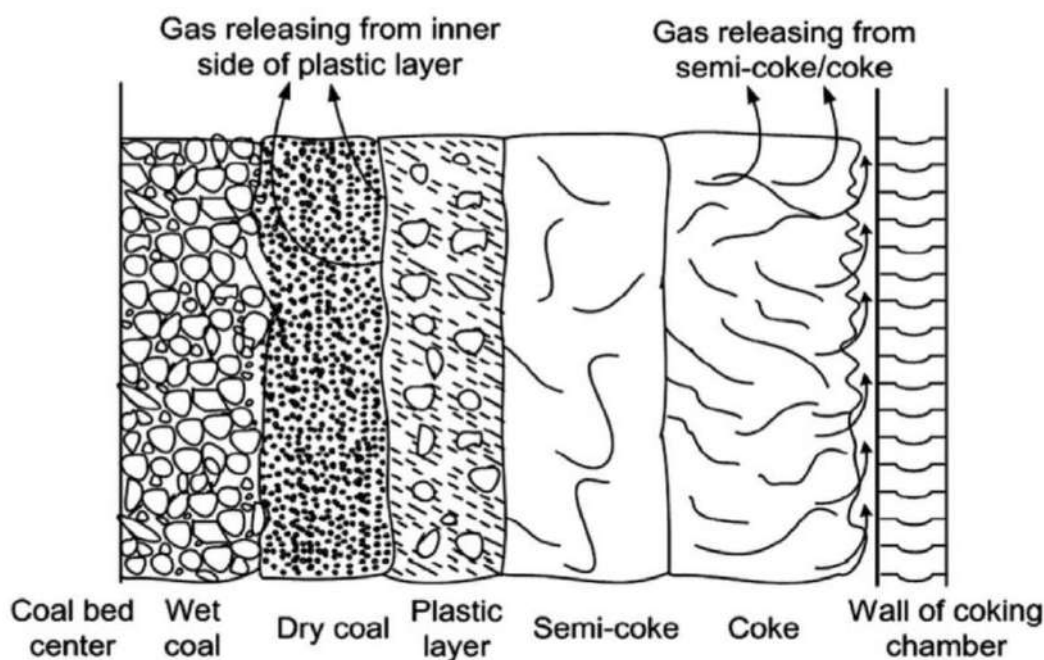


Рис.1.1. Вугільне завантаження та рух газів в коксовій камері

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [2]

Процес високотемпературного коксування здійснюється у сучасних камерних печах, характеризується різночасністю явищ, що відбуваються в

окремих шарах вугільного завантаження по ширині камери коксування. Із - за невисокої температуропровідності вугільного завантаження в коксовому масиві існують одночасно шари коксу, напівкоксу, пластичного шару, а також шари сухого і вологого вугілля. Хоча коксування в пічній камері відбувається пошарово, кокс разом з тим формується у вигляді монолітних і міцних кусків, які мають більшу або меншу кількість тріщин. При розгляді процесів, що відбуваються в кожному шарі протягом всього періоду коксування, можна для спрощення виділити наступні стадії: 1) від моменту завантаження до утворення вугільної пластичної маси; 2) пластичного стану; 3) від початку утворення напівкоксу до кінця коксування [1-3].

Температура гріючих стін коксових камер складає зазвичай 1100 – 1200 °С. Після завантаження холодної вугільної шихти температура звернених в камеру коксування поверхонь стін на короткий час знижується до 650 – 750 °С і в середньому через 30 – 60 хвилин знову підвищується, досягаючи 800 – 860 °С. Зовні ж прояв процесу коксування відносно утворення пластичного шару полягає як би в русі цього шару від гріючих стін до центру завантаження. У процесі коксування відбувається усадка вугільного завантаження в вертикальному і поперечному напрямках. Вертикальна усадка протягом перших 3 годин коксування складає 40 – 50 % загальної усадки. Вона відбувається в основному за рахунок усадки шарів коксу та напівкоксу, розташованих в поблизу гріючих стінок, і ущільнення шихти, що знаходиться між шарами напівкоксу, у міру нагрівання. Друга стадія вертикальної усадки протікає між 3 і 10 – 11 годинами періоду коксування, при цьому змінюється висота вертикальних шарів утворюється напівкокс. Третя стадія вертикальної усадки відбувається в наслідок усадки шарів напівкоксу в осьовій площині, а також шматків коксу в коксовому пирозі, які відокремлюються один від одного тріщинами. Внаслідок тиску, що розвивається газами в пластичному шарі і в завантаженні (тиск розпирання), вугільне маса, завантажена в камеру коксування, перші 10 – 11 годин періоду коксування примикає до стінки камери. Потім відбувається поперечна

усадка, тобто відхід бічної поверхні коксового пирога від стінки камери на 4 – 6 мм, для забезпечення нормального ходу пирога при видачі [2].

Технологія коксування складається, в основному, з дотримання (витримання) основних режимів роботи коксового цеху: температурного режиму коксування, тобто встановлених температур в опалювальній системі коксових печей і температури готового коксу; гідравлічного режиму коксових печей, від якого залежить температурний режим, збереження кладки коксових печей; режиму видачі та завантаження печей, і режиму охолодження і сортування коксу. Правильно підібраний і відповідним чином витриманий температурний режим забезпечує такі найважливіші показники якості коксу, як його міцність і гранулометричний склад. Якщо, з якихось причин, відбувається затримка видачі коксу понад установлений часу періоду коксування - "перестій печей", то кокс стає більш дрібним. У ньому зменшується кількість великих класів >60 мм і особливо крупніше 80 мм. Одночасно зростає кількість класу 25 - 40 мм. При цьому кокс стає міцніше і його стиранистість зменшується, показники міцності коксу по M_{25} можуть збільшуватися, показник M_{10} зменшується, що свідчить про зростання міцності речовини коксу і його стійкості до стираючих зусиль. В умовах перестою печей може зменшуватися також показник M_{40} при визначенні міцності коксу в малому барабані. Це наслідок зменшення середнього діаметра шматка коксу в результаті розвитку тріщинуватості коксу.

При зниженні температури коксування і температури коксу міцність коксу зменшується, він більш стирається, зростає вихід дріб'язку - показник M_{10} малого барабана. У недогрітому коксі багато, так званого, "недопалу", тобто неготового коксу. Цей кокс і є основним джерелом утворення дріб'язку (показник M_{10}) при випробуванні коксу і при його попаданні в доменну піч. Слід зазначити, що за літературними даними зазначені вище зміни показників міцності коксу по малому барабану, кореспондуються з показниками CSR і CRI. Велике значення має дотримання вимог щодо рівномірності обігріву камери коксування по довжині і висоті. Якщо обігрів

камери нерівномірний, то в камерах коксування поряд з ділянками недогрітого коксу, можуть бути і ділянки перегрітого, тобто при нерівномірному обігріві різко зростає нерівномірність якості коксу по міцності і крупності.

При коксуванні кам'яного вугілля в результаті розкладання органічної маси виділяються газо- і пароподібні речовини, суміш яких називається прямим коксовим газом. До складу останнього входять власне коксовий газ, смола, бензольні вуглеводні, аміак, сірководень і інші продукти. Склад основних компонентів, що виділяються при обробці коксового газу в цехах уловлювання, приведений нижче в г/м³ сухого газу:

Пари води (пірогенетичної і волога шихти).....	250-450
Пари смоли.....	80-130
Пари бензольних вуглеводнів.....	30-40
Аміак.....	8-13
Сірководень.....	6-25
Ціаністий водень.....	0,5-2,0

Крім того, до складу прямого коксового газу входять сірковуглець, сіркоокись вуглецю, тиофен, піридинові основи, меркаптани, феноли і ін.

Вихід і склад продуктів коксування залежать від властивостей коксуємого вугілля, конструкції печей і умов коксування. Склад прямого (коксового) газу, що виходить з камер коксових печей, його вихід і щільність змінюються впродовж всього періоду коксування (рис.1.2).

При її збільшенні температури росте вихід коксового газу і вміст водню в нім, зменшується вихід смоли, а її щільність підвищується, росте вихід сирого бензолу при зниженні вмісту в ньому толуолу, ксилолу і ненасичених сполук.

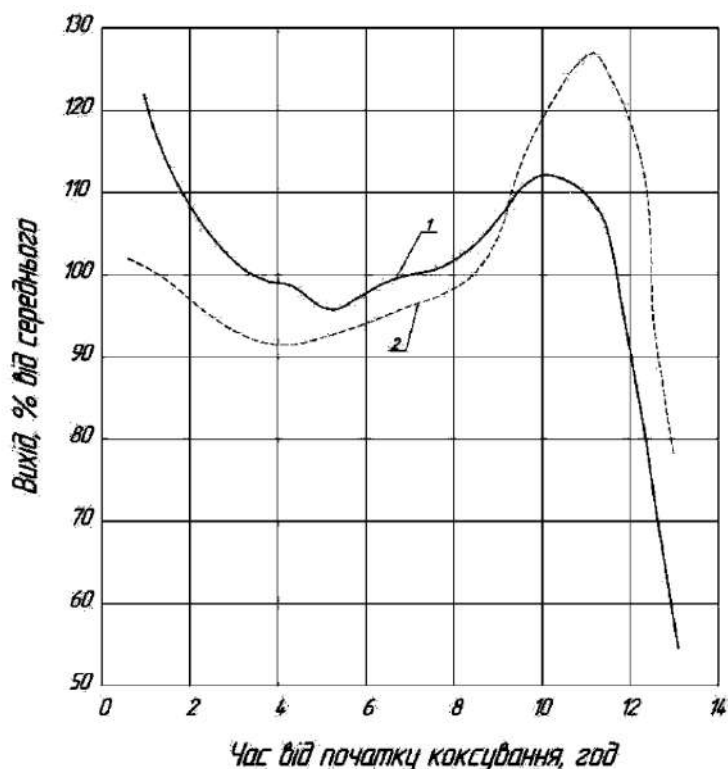


Рис.1.2. Вихід газу по масі (1) і за об'ємом (2) в процесі коксування

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [2]

Істотний вплив на вихід продуктів здійснюють також повнота завантаження камер шихтою і режим відсмоктування газу. При неповному завантаженні камер шихтою збільшується час перебування летючих речовин в підсводному просторі при підвищеній температурі і ступені їх піролізу. Підвищення тиску в камерах призведе до потрапляння летючих речовин в атмосферу і опалювальну систему, а вакуум - горіння частини продуктів із-за підсосу кисню в систему.

Кокс є основним продуктом коксування вугілля. Майже 80 % коксу використовується для виплавки чавуну в доменних печах (металургійний кокс розміром більше 25-40 мм), а приблизно 7 % для розплавлення металів у вагранках (ливарний кокс розміром більше 60 мм). Коксовий горішок розміром 10-25 мм застосовується як відновник в електродних печах для отримання феросплавів, а коксова дрібниця - для агломерації залізняку. Значна частина коксу споживається в кольоровій металургії для відновлення

свинцевих, нікелевих, мідних і інших руд, у хімічній промисловості для отримання карбїду кальцію, жовтого фосфору, випалення вапняку і для інших цілей.

Хімічні продукти коксування використовуються більше ніж в 70 галузях, підгалузях господарського комплексу. Основними споживачами їх є хімічна промисловість (35 % від спільного об'єму виробництва) кольорова металургія (30 %), сільське господарство (більше 20 %), будівельна індустрія і залізничний транспорт (близько 12 %).

Найважливіше місце в асортименті продуктів коксування займає коксовий газ. Основним споживачем його (близько 53 %) є чорна металургія, де він використовується як паливо в мартеновських і нагрівальних печах. Приблизно 30-35 % коксового газу використовується коксохімічними заводами для обігріву печей і інших потреб. Перспективним напрямом використання коксового газу є вдування його в доменні печі з метою скорочення витрати коксу на виплавку чавуну. В умовах дефіциту природного газу і нафтопродуктів коксовий газ може служити сировиною для синтезу аміаку, метанолу, моторних палив.

1.2 Огляд конструкцій коксових печей

Коксове виробництво є важливою складовою частиною гірничо-металургійного комплексу, продукція якого відіграє вирішальну роль у розвитку всіх галузей України, утворює основні статті її експорту. Коксування вугілля є твердофазним високотемпературним процесом, який здійснюється в печах періодичної дії, і ці особливості коксового виробництва вимагають розробки спеціального обладнання [1].

Класифікація коксових печей заснована на ознаках, що відображають їх конструктивні, технологічні й експлуатаційні особливості. У відповідності з цим розрізняють такі типи печей:

1. за розташуванням камери коксування – горизонтальні і вертикальні.
У горизонтальних печах камера з максимального розміру (по довжині) розташована горизонтально, а у вертикальних печах з максимального розміру (висоті) – вертикально;
2. за способом завантаження шихти і видачі коксу: з вертикальним завантаженням і нижньої видачею; з вертикальним завантаженням і бічний видачею; з бічним завантаженням і бічний видачею;
3. за технологією одержання коксу – печі безперервної та періодичної дії;
4. за способом використання тепла відхідних димових газів – регенеративні і нерегенеративні;
5. за пристроєм опалювальної системи – комбіновані і некомбіновані.
Комбіновані призначені для опалення бідним або багатим газом в залежності від умов виробництва; некомбіновані печі мають лабораторне обладнання та пристрої для обігріву тільки одним з газів: бідним чи багатим;
6. за способом підведення опалювального газу – печі з боковим і з нижнім підведенням;
7. за способом з'єднання опалювальних каналів (вертикалів), що працюють на висхідному і низхідному потоках – печі з перекидними каналами, з парними вертикалами, з верхнім збірним горизонтальним каналом;
8. по можливості застосування рециркуляції – печі з рециркуляцією або без рециркуляції продуктів горіння;
9. за схемою обігріву – печі з різними пристроями опалювальних простінків для підвищення рівномірності прогріву пічної камери по висоті.
10. печі з уловлюванням або без уловлювання хімічних продуктів коксування.

Основними особливостями, що характеризують конструкцію коксової батареї, є схема обігріву та спосіб підведення газу і комбінування.

Більшість вітчизняних і зарубіжних конструкцій коксових батарей за цими ознаками поділяються на: комбіновані та некомбіновані; з боковим підведенням газу і повітря; з нижнім підведенням газу і повітря, які в свою чергу діляться на печі з нижнім підведенням коксового газу і бічним підведенням повітря і на печі з нижнім підведенням і регулюванням газу і повітря.

Схема обігріву коксових печей – це спосіб з'єднання висхідного потоку, де відбуваються змішування газу з повітрям і його спалювання, і низхідного потоку продуктів горіння (димових газів), що йдуть в регенератори і далі. Конструктивно це забезпечується з'єднанням опалювальних каналів, що працюють на різнойменних потоках, способами підведення опалювального газу та повітря в опалювальні канали, розташуванням і формою регенераторів.

За схемою обігріву розрізняють печі: з парними вертикальними каналами, з перекидними каналами, з груповим обігрівом і збірним горизонтальним каналом.

У СНД, країнах Східної Європи і деяких країнах, що розвиваються знаходяться в експлуатації і будуються горизонтальні коксові печі конструкції «Гіпрококсу» - з парними вертикалами і рециркуляцією продуктів горіння (система ПВР з боковим та нижнім підведенням опалювального газу), з перекидними каналами (системи ПК, ПК-2К, ПК-2КР) і груповим обігрівом (система ГПК-49). Останні використовуються для коксування як вугілля, так і кам'яновугільного пеку [2-5].

Прагнення до підвищення продуктивності коксових печей і поліпшення показників їх роботи, а також патентна політика призвели до великої різноманітності конструкцій динасових коксових печей, що відрізнялися один від одного, головним чином, каналами для потоку газів в опалювальній системі.

До минулого століття відноситься поява парних вертикалів: спалювання газу в одному обігрівальних каналі з відводом продуктів горіння

в сусідній. При цій схемі весь простінок розбивається на пари вертикалів, в яких один вертикал працює на висхідному потоці, а другий – на низхідному. Після реверсії вертикали міняються ролями. Парний обігрів є однією з найпоширеніших схем каналізації газів в опалювальному простінку. Парний обігрів в комбінації з нижнім підведенням газу (по вертикальних каналах, що йде через верхню фундаментну плиту) дозволяє розділити поперечні регенератори на окремі секції відповідно числу вертикалів, що забезпечує чітке регулювання надходження газу і повітря в кожен вертикал.

У 1921 р. Дж. Беккер видозмінив і удосконалив конструкцію і опалювальну схему старої печі Копперса. У новій конструкції печей газ і повітря згоряють одночасно у всіх опалювальних каналах одного обігрівального простінка. Продукти горіння проходять по перекидним каналах над склепінням коксової камери і опускаються вниз по всіх вертикалах сусіднього простінка. Перекидні канали з'єднуються з вертикалами горизонтальними збірними каналами невеликого перерізу. Таким чином, над кожною непарній коксової камерою знаходяться перекидні канали. Внаслідок цього кількість печей з перекидними каналами в батареї може бути тільки непарними.

До переваг цієї системи належать: малі розміри горизонтального каналу (в останніх конструкціях через горизонтальні канали проходять продукти горіння не більше ніж з чотирьох вертикаль); зручність регулювання обігріву по довжини камери в зв'язку з тим, що вся вертикаль простінка одночасно працює на одному потоці (висхідному або низхідному); значне зменшення площі кладки стін, що розділяють потоки газів різних напрямків, в порівнянні з площею в печах з парним обігрівом.

Недоліками печей з перекидними каналами є високі втрати тиску газів в опалювальній системі (великий гідравлічний опір опалювальної системи) і недостатня рівномірність обігріву по висоті.

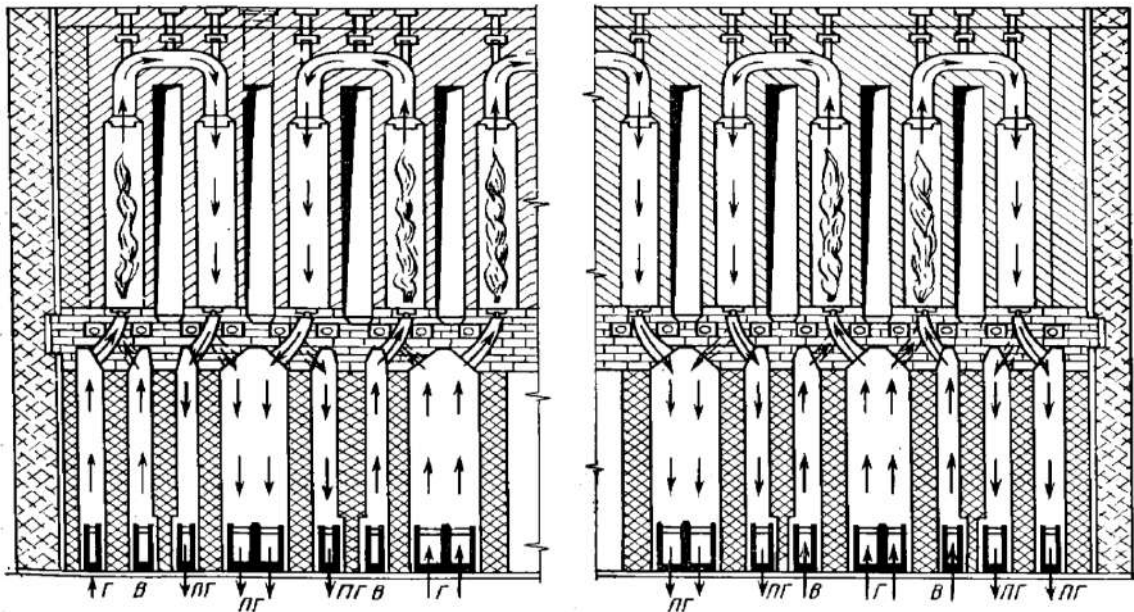


Рис. 1.3. Печі ПК-2К

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

У 20-50 рр. печі з перекидними каналами будували з горизонтальними газовими розподільними каналами (корнюрами) із нижнім підведенням газу. Для більш рівномірного обігріву по висоті в останніх конструкціях застосована рециркуляція продуктів горіння. Розроблено багато модифікацій цих печей (ПК першої нормалізації, ПК другої нормалізації, ПК-42, ПК-45, ПК-47, ПК-2К, букви ПК у всіх випадках означають «печі з перекидними каналами»). У печах цих конструкцій усунені багато недоліків, властиві першим печам з перекидними каналами: покращена рівномірність обігріву по висоті камери, знижено опір опалювальної системи, спрощена схема обігріву, збільшена температура головок вертикалів, поліпшені теплотехнічні показники, підвищена міцність і щільність кладки печей. Печі ПК і печі з парними обігрівальними каналами складають в даний час основну частину всіх споруджуваних і експлуатованих коксових печей [7].

Але в печах системи Мосгіпрококс були серйозні конструктивні недоліки, виявившись в процесі експлуатації. Тому надалі ці печі не будувалися, а Гіпрококс зосередив свою увагу на проектуванні печей з

перекидними каналами. Поступово усуваючи в наступних проектах недоліки печей з перекидними каналами, проектувальники в післявоєнні роки створили більш досконалі печі цього типу (ПК-2К) із зменшеним опором опалювальної системи, використанням рециркуляції продуктів горіння для вирівнювання температур по висоті камери, з покращеною конструкцією корнюрної зони і широкими регенераторами [6].

Паралельно з удосконаленням конструкцій печей ПК удосконалилися коксові печі з парними обігрівальними каналами і рециркуляцією продуктів горіння (ПВР).

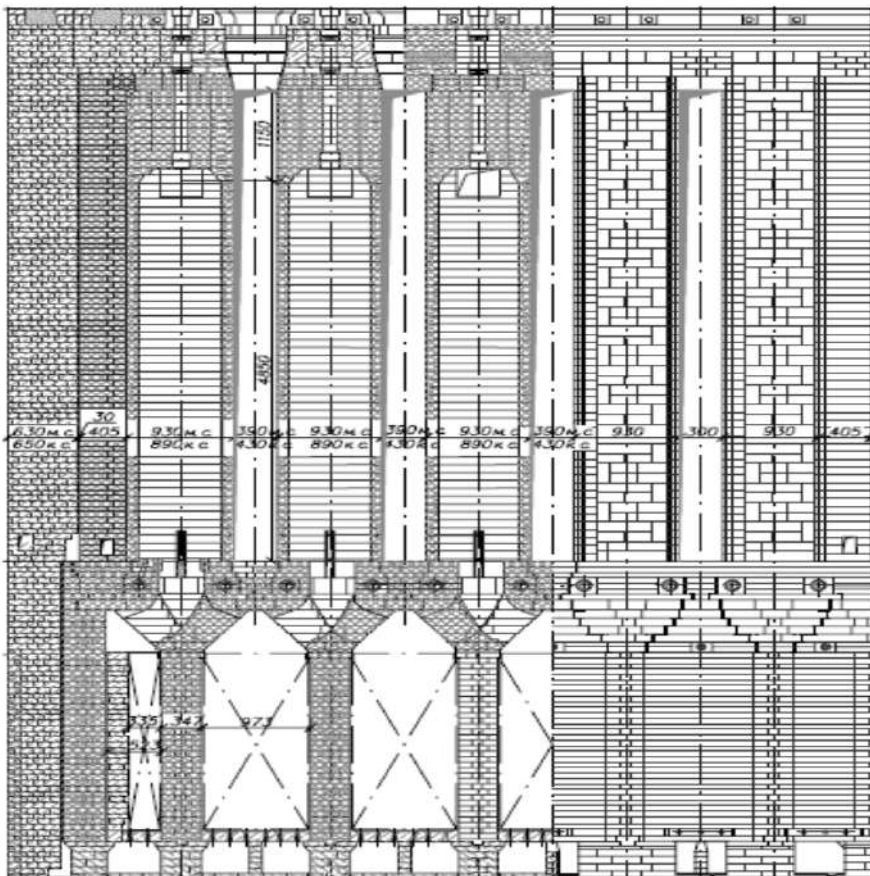


Рис. 1.4. Схема печі ПВР з системою опалення коксовим газом

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

Експлуатація таких печей показала, що при рівних періодах коксування в печах ПВР температура подів вертикалів на 40 – 50 °С нижче, ніж в печах

ПК. При однаковій температурі вертикалів період коксування в печах ПВР був коротший на 1 годину, чим в печах ПК, що відповідає підвищенню продуктивності на 8 %. Обігрів камер по висоті був досить рівномірний, середня різниця температур між низом і верхом стін камери становила 40 °С. Опір опалювальної системи при обігріві коксовим газом було в 2 – 2,5 рази нижче, ніж в печах ПК. Вже тоді можна було прийти до висновку про можливість збільшення висоти таких печей на 0,4 – 0,6 м без шкоди рівномірності обігріву по висоті. Вдала конструкція кладки печі і досконалість її армування значно продовжили термін служби печей.

В процесі еволюції печей ПВР була покращена конструкція, герметичність і міцність кладки, вдосконалена схема рециркуляції продуктів горіння, підвищена корисна ємність камери. Завдяки поліпшенню рівномірності обігріву якість коксу та легких продуктів коксування, одержуваних у цих печах, стала вище, а витрата тепла на обігрів знизилася. Були розроблені також модифікації цих печей. Подальше підвищення продуктивності печей, а, отже, і підвищення техніко-економічних показників коксохімічних заводів, зажадало вже значного збільшення довжини і висоти камери печей, і у подальшому замість печей ПК і ПВР ємністю 21,6 м³, були замінені типовими печами з висотою камери 5,5 м, шириною 410 мм і корисною ємністю до 32,4 м³. Опір опалювальної системи печей ПВР великої ємності не вище опору звичайних печей ПВР ємністю 21,6 м³, витрата тепла на коксування приблизно та сама. Рівномірність обігріву по довжині і висоті камер коксування досить висока. Численні випробування якості коксу з печей заввишки 5 м і шириною 450 мм при періоді коксування в 17,5 годин показали, що він мало чим відрізняється від коксу, отриманого в печах висотою 4,3 м і шириною 407 мм при періоді коксування 13,5 - 14 годин. Можна вважати, що якість коксу з підвищенням висоти печей при інших рівних умовах не погіршується. Тому зараз впроваджуються печі з камерами висотою 7,4 м. Корисна місткість камери такої печі при збільшенні її довжини до 19 м може доходити до 63,5 м³. Незважаючи на деякі недоліки,

шаровий процес коксування має цілий ряд невикористаних можливостей вдосконалення. Оскільки основним методом виробництва коксу і надалі буде, мабуть, шарове коксування, велике значення надається збільшенню одиничної потужності агрегатів як окремої коксової камери, так і батареї коксових печей в цілому, і в першу чергу, подальшому збільшенню розмірів камер коксування і числа печей в батареї. Розміри камер коксування і число печей в батареї продовжують рости [6].

1.3 Конструктивні особливості газовідвідної арматури

Прямий коксовий газ виходить з камери коксування з температурою 700-750 °С. Відведення газу з одночасним його охолодженням надсмольною водою до температури 85 °С здійснюється арматурою, що складається із стояків, газозбірників і перекидних газопроводів. Конструктивне виконання стояку забезпечує його роботу з газозбірника круглого перетину або з газозбірника коритоподібного перетину. Стояки призначені для відводу коксового газу з печі в газозбірник і для охолодження газу шляхом зрошення надсмольною водою

Стояк (рис. 1.5) складається з вертикальної труби 2, трійника 3, кришки 6 стояку може виконуватися з ущільненням «метал по металу», гідроущільненням, пневмоущільненням (рис 1.6), коліна 9, клапанної коробки 16 з тарілчастим клапаном 14, форсунки 8 для подачі над смольної води на зрошення газу, форсунки (встановлюється в отвір 4) для пароінжекції при бездимній завантаженні і важелів для управління кришкою і клапаном.

Сталева труба 2 встановлюється в гніздо 1, утворене в кладці печі над газовідвідного люком. Після установки труби гніздо ущільнюється азбестовим шнуром і шамотною розчином. Усередині труба футерована шамотною цеглою. Товщина футеровки 60-65 мм. Для захисту обслуговуючого персоналу від опіків, сторони труби, обернена в бік шляхів вугленавантажувального вагона, закривається сталевим щитком.

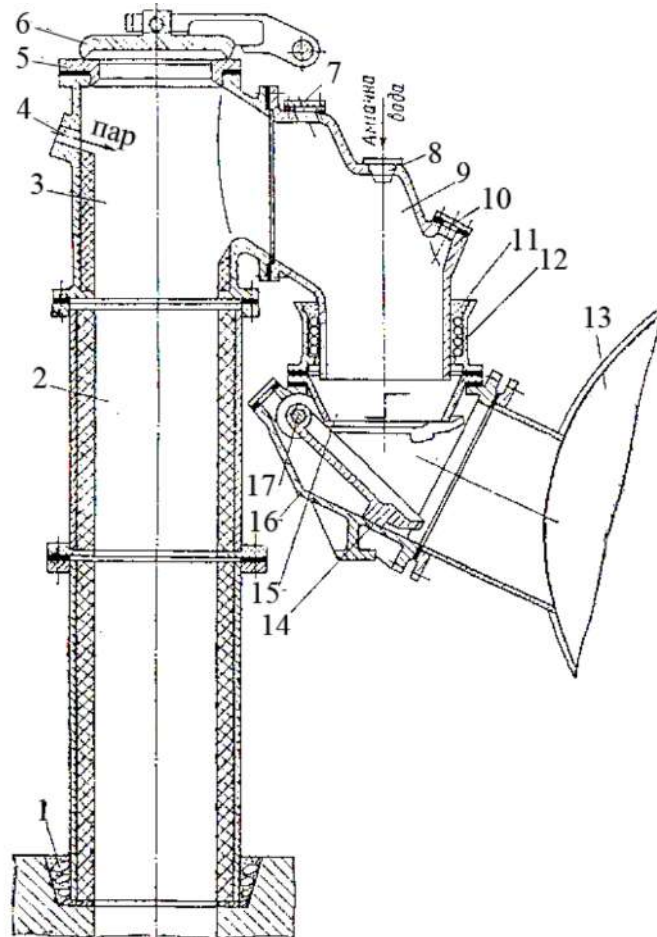


Рис. 1.5. Стояк для відводу газу з коксової печі

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

Поверхня щитка, звернена до труби, покривається листовим азбестом. Трійник 3 із закріпленням на ньому коліном 9, приєднується до труби фланцем. Зверху трійник закривається кришкою 6.

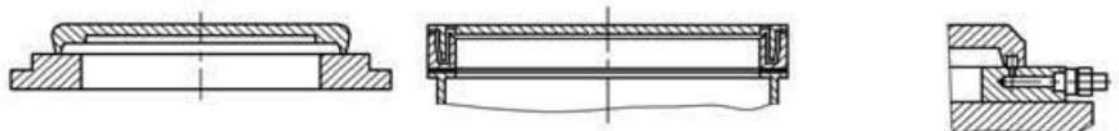


Рис. 1.6. Ущільнення кришки стояку:

а – метал по металу, б – гідроущільнення, в – пневмоущільнення

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

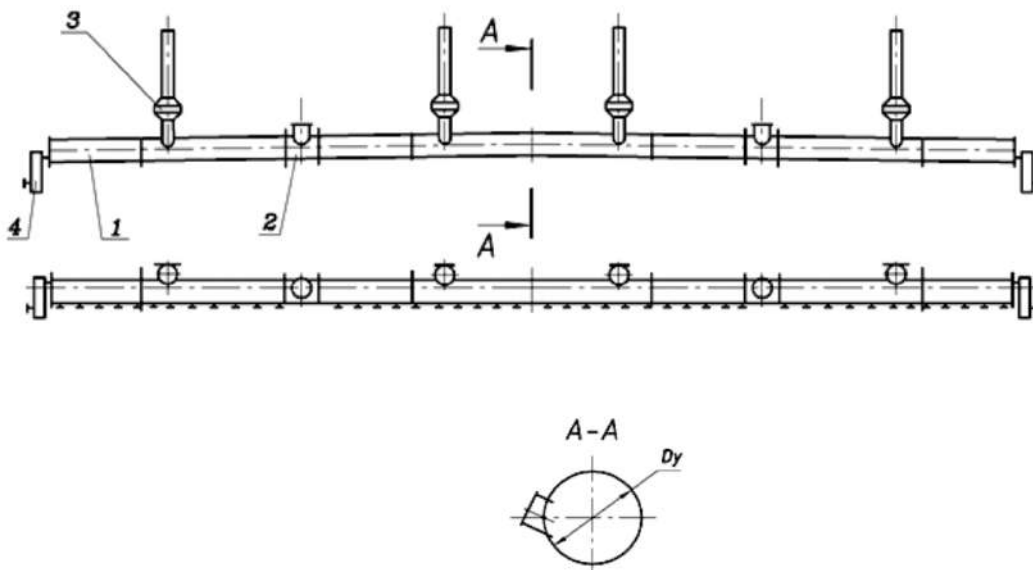
Між кришкою і знімним фланцем 5 трійника є ущільнення типу «залізо по залізу», при якому вістря кришки встановлюється на оброблену поверхню знімного фланця. Останнім часом, у зв'язку з підвищеними вимогами до щільності арматури коксових печей впроваджується ущільнення кришок стояків (рис. 1.6 б, в). Вода або повітря, що надходять у кільцевий канал, створюють затвор, що перешкоджає виділенню парогазових продуктів в атмосферу. Кришка служить для випуску газу в атмосферу при відключенні стояку від газозбірника, а також для чищення труби і коліна від відкладень графіту. Клапанна коробка 16 приєднана фланцем до газозбірника 13. В клапанній коробці розміщений вал 17, на якому монтується тарілчастий клапан 14. При закриванні клапан повертається до зіткнення з конічним сидлом 15. Вода, що подається на зрошення, заповнює тарілку клапана так, що конус виявляється зануреним в рідину. При цьому утворюється гідро затвор, що відключає стояк від газозбірника. Висота гідрозатвора 40 мм. Закривання клапана проводиться перед видачею коксу. При коксуванні клапан відкритий і газ з камери коксування надходить в газозбірник. При проходженні по стояку газ охолоджується при безпосередньому контакті з водою, яку розбризкують форсункою 8, що встановлена на коліні. Тиск води перед форсункою 0,3-0,35 МПа. При забрудненні клапана або клапанної коробки проводиться промивка їх водою, яка подається через люки 7 і 10, під тиском 0,5-0,6 МПа. Трійники, коліна і клапанні коробки виготовляють з чавуну марки СЧ 21-40; кришки стояків і клапани - зі сталі.

При розігріві батареї і в процесі експлуатації вузли стояку переміщаються. Переміщення викликаються зростанням кладки, температурними деформаціями газозбірника і труби стояку. При жорсткому з'єднанні вузлів це призвело б до руйнування стояку або до порушення щільності з'єднань. Тому в конструкції стояку передбачені пристрої для компенсації взаємних переміщень вузлів стояку, пов'язаних з кладкою газозбірника.

Компенсаційний стик може встановлюватися на гарячій стороні (до зони зрошення газу аміачною водою) або на холодній стороні стояку (після форсунок для зрошення). Компенсаційний стик складається зі стакана 12, закріпленого на клапанній коробці, в який входить коліно 9. Зазор між стаканом і коліном ущільнюється азбестовим шнуром 11, просоченим рідким склом. Для зручності заміни азбестового шнура склянку виконаний з двох полуобичайок, з'єднаних болтами. Розташування компенсаційного стику на гарячій або холодній стороні мають свої переваги і недоліки.

Коксовий газ з усіх камер коксування виходить через стояки в газозбірник. Зазвичай встановлюють два газозбірника.

Газозбірник круглий (рис. 1.7) являє собою зварену або клепаних конструкцію товщиною 10 мм.



1 – горизонтальна ділянка; 2 - трійник; 3 - свічка газоскидна; 4 - гідрозатвор

Рис. 1.6. Газозбірник круглого перетину з ухилом по контрфорсам батареї

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

Газозбірники встановлюються на опори, які кріпляться до анкерних колон.

Для полегшення сходу фусів газозбірники встановлюються з ухилом 0,006 м. Газозбірник коксової сторони нахилений у бік смоляного ящика з гідрозатвором для відводу аміачної води, смоли й фусів. З машинної сторони ліва й права частини газозбірника нахилені до центра, тобто у бік трійника, з якого вода, смола й фуси приділяються через штуцер і смоляний ящик з гідрозатвором у газопровід прямого коксового газу. До трійника газозбірника машинної і коксової сторін приєднаний перекидний газопровід, а до штуцерів стояки коксового газу.

Зверху на трубі газозбірника по всій її довжині встановлені форсунки для зрошення газозбірника аміачною водою. Між штуцерами для форсунок змонтовані штуцера для введення в газозбірник трубок пристрої для згону фусів. Зганяння фусів здійснюють шляхом змиву їх аміачною водою, яка подається під тиском 2,0-2,5 МПа.

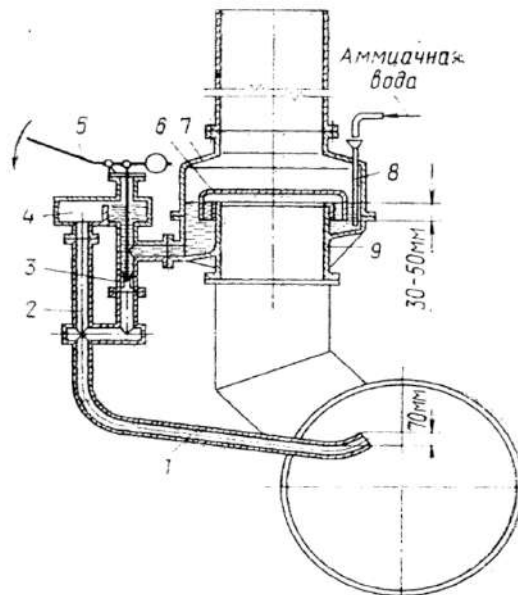
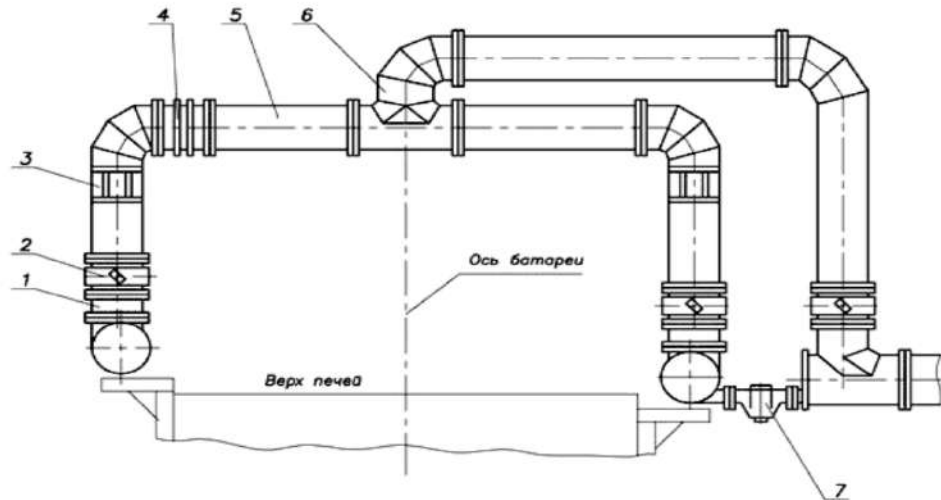


Рис.1.8. Автоматичний гідравлічний клапан свічки газозбірника

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

Передбачаються також отвори для періодичної очистки днища газозбірника шкребками вручну. На кожному газозбірнику встановлюють чотири газоскидних свічки, які призначені для скидання коксового газу в атмосферу при підвищенні тиску в газозбірнику, наприклад, через погіршення відсмоктування газу або порушення зрошення газозбірників. Управління випуском газу в свічку проводиться гідравлічними клапанами, що спрацьовують при примусовому відкриванні або автоматично. Автоматичний гідравлічний клапан свічки газозбірника складається з корпусу 5, кришки 7, ковпачка 6, ручного клапана 3 для випуску води з гідро затвори, труби 8 для подачі води в гідро затвор і зливного трубопроводу 1 для зливу води з гідро затвори в газозбірник. Ковпачок занурений у воду, яка знаходиться в корпусі. Висота гідравлічного затвора дорівнює глибині занурення ковпачка. При підвищенні тиску в газозбірнику понад встановлену норму, газ барботує через воду і виходить в атмосферу. Кожен з чотирьох клапанів газозбірника має різну висоту гідрозатворів (від 30 до 50 мм). При цьому число відкритих свічок залежить від тиску в газозбірнику. Можливо примусове відкриття клапана шляхом зливу води з гідрозатвору. Для цього важелем 5 короткочасно відкривають ручний клапан 3. При проходженні води в отвір ручного клапана, в порожнині 4 виникає розрядка, труба 2 заповнюється водою. Це призводить до утворення сифона, що забезпечує швидке випорожнення гідрозатвору. Щоб газ при випуску води з гідрозатвору не проходив в зливний трубопровід 1, кінець трубопроводу всередині газозбірника загинається вгору, що призводить, до утворення гідрозатвору висотою 70 мм [5-9].

Газозбірники машинної і коксової сторін батареї з'єднуються між собою перекидним газопроводом (рис. 1.9),



- 1 - ділянка вертикальна; 2 - клапан дросельний; 3,4 - компенсатори;
5 - ділянка горизонтальна; 6 - трійник; 7 - смоляний ящик

Рис. 1.9. Перекидний газопровід коксової батареї

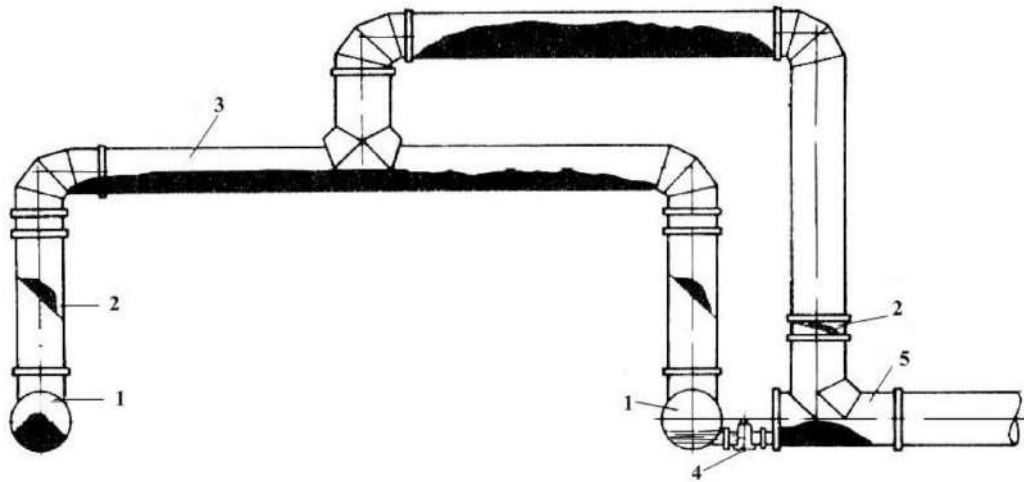
Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

по якому газ з газозбірника відводиться в газопровід прямого коксового газу для охолодження і вловлювання хімічних продуктів коксування.

Горизонтальна ділянка перекидного газопроводу спирається на спеціальну металоконструкцію мостового типу. На перекидному газопроводі встановлені дросельні клапани, за допомогою яких регулюється тиск в кожному газозбірнику і у всій системі. Дросельні клапани управляються вручну або автоматично за допомогою серво-приводів.

Недоліками такої конструкції є:

- смолувуглецеві відкладення (схема наведена на рисунку 1.10);
- велика кількість устаткування на верху печі;
- наявність перетоків газу через підсводовий простір печей, погіршення умов праці на них [5].



1 – газозбірник; 2 – дросельний клапан; 3 – перекидний газопровід;
4 - смоляний ящик; 5 – прямий газопровід

Рис. 1.10. Смоловуглецеві відкладення у газозбірниках і газопроводах

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

На горизонтальній ділянці перекидного газопроводу є сальниковий компенсатор, який сприймає температурні деформації, які виникають. На горизонтальних трубах встановлені форсунки для зрошення газу і люки для ревізії та чистки. Газозбірника і перекидний газопровід обладнані обслуговуючими майданчиками, огорожами і сходами [9].

Вирішити перелічені проблеми можливо при впровадженні та експлуатації більш досконалої конструкції коритоподібного газозбірника.

Його встановлюють з машинної сторони батареї, він має усередині свого корпусу вбудовану клапанну коробку, що є його особливістю й головною перевагою.

1.4 Шляхи вдосконалення устаткування та поліпшення екологічної ситуації в коксових цехах

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

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 навколишнє середовище механізми регулювання в області охорони атмосферного повітря повинні оновлюватися, вдосконалюватися та наближатися до вимог, які діють в країнах Європейського союзу.

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.

Порівняння допустимих нормативів викидів забруднюючих речовин для коксових печей в Україні і країнах ЄС на ведено в таблиці 1.1 [10].

Таблиця 1.1

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 2015 р.	перспективні, з 2015 р.	
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
Коксосортувальня: 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
Сухе 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 коксового газу	Діоксид сірки	2500	500	2500

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [10]

За існуючої технології виробництва коксу, уловлювання та переробки хімічних продуктів коксування джерела викидів коксохімічних заводів різноманітні і багатопланові, кожне з них потребує окремих технічних рішень і значних вкладень коштів для поліпшення екологічної ситуації.

Зниження викидів забруднюючих речовин останні 10-15 років на коксохімічних заводах є таким ж пріоритетним завданням, як і випуск продукції.

Основні технічні рішення, за рахунок яких максимально знижуються або локалізуються неорганізовані викиди на коксових батареях – це бездимне завантаження шихти, установка газоцільних дверей, ущільнення люків і стояків, без пилова видача коксу [2-10].

Вклад основних технологічних процесів і технологічного обладнання та валовий викид показаний в таблиці 1.2.

Прогрес у розвитку конструкцій коксових батарей, машин і устаткування пов'язаний насамперед з їх модифікацією і вдосконаленням, із забезпеченням одного з головних вимог часу - істотного скорочення виробничих викидів в навколишнє середовище.

Основні технічні рішення, які передбачаються при новому будівництві та реконструкції з модернізацією коксохімічних підприємств і які можуть бути реалізовані також частково для діючих агрегатів коксового виробництва наступні.

Впровадження конструкції коксових печей системи ПВР (парні опалювальні канали з рециркуляцією), яка передбачає часткову рециркуляцію продуктів горіння, забезпечує зниження вмісту оксидів азоту в продуктах горіння.

Застосування в кладці головочних опалювальних каналів вогнетривів спеціальної конструкції з пазами, що забезпечує зниження в них термічних напруг і в результаті підвищення довговічності кладки, а також зменшення обвалів коксу при знятті дверей.

Таблиця 1.2

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

Найменування технологічного процесу	Від загальних викидів, %	Забруднюючі речовини
1. Основне виробництво Транспортування вугільних концентратів, збереження, дроблення, дозування і подача на косові печі	1,5-2,0	Сполуки в вигляді суспендованих твердих частин
2. Процес виробництва коксу 2.1 Неорганізовані викиди від процесів завантаження косових печей, видачі косу, гасіння, сортування, завантаження, коксові двері, люки та стояки. 2.2 Організовані викиди з димових труб коксових батарей (при обігріві коксовим газом)	15,0-20,0 65,0-70,0	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 [10]

в печі з застосуванням інжекції газів, що утворюються в процесі завантаження, для їх відводу у газозбірники (або газозбірник); дверей коксових печей нової конструкції з застосуванням гнучкої підпружиненою ущільнюючої рамки, що забезпечує їх щільне притискання до рами; конструкції плануючих люків і кришок, що встановлюються на дверях з машинного боку, практично виключає газування.

Надійне кріплення шляхів завантажувальної машини, при якому відсутнє їх поперечне зміщення в процесі експлуатації, дозволяє забезпечити в процесі завантаження печей шихтою щільне прилягання нижньої частини бункерів машини до рам завантажувальних люків.

Впровадження конструкції газозбірника коритоподібного перетину зі вмонтованими клапанними коробками, яка повністю виключає можливість обсмолювання, забивання останніх у процесі коксування, забезпечить їх чистоту, виключить можливість забивання. При такій конструкції газозбірника забезпечується повна надійність роботи газовідвідного обладнання та виключається газування стояків і коксових печей. Застосування свічок газозбірників нової конструкції з автоматичним запалюванням та спалюванням газів, що аварійно скидаються, дає можливість ліквідувати викиди сирого коксового газу в атмосферу.

Реалізація рішень по вдосконаленню конструкції і армуванню коксових печей забезпечить високу газощільність кладки.

Використання установки безпилової видачі коксу у складі стаціонарного колектора з патрубками і кришками для підключення зонту за допомогою стикувального пристрою до колектора забезпечить сухе очищення газів від коксового пилу перед викидом в атмосферу.

Використання в процесі мокрого гасіння коксу фенольних стічних вод після їх біохімічної очистки дозволяє довести викиди в атмосферу до рівня, що досягається при гасінні коксу технічною водою. Зменшити викид шкідливих речовин при мокрому гасінні коксу можна завдяки застосуванню

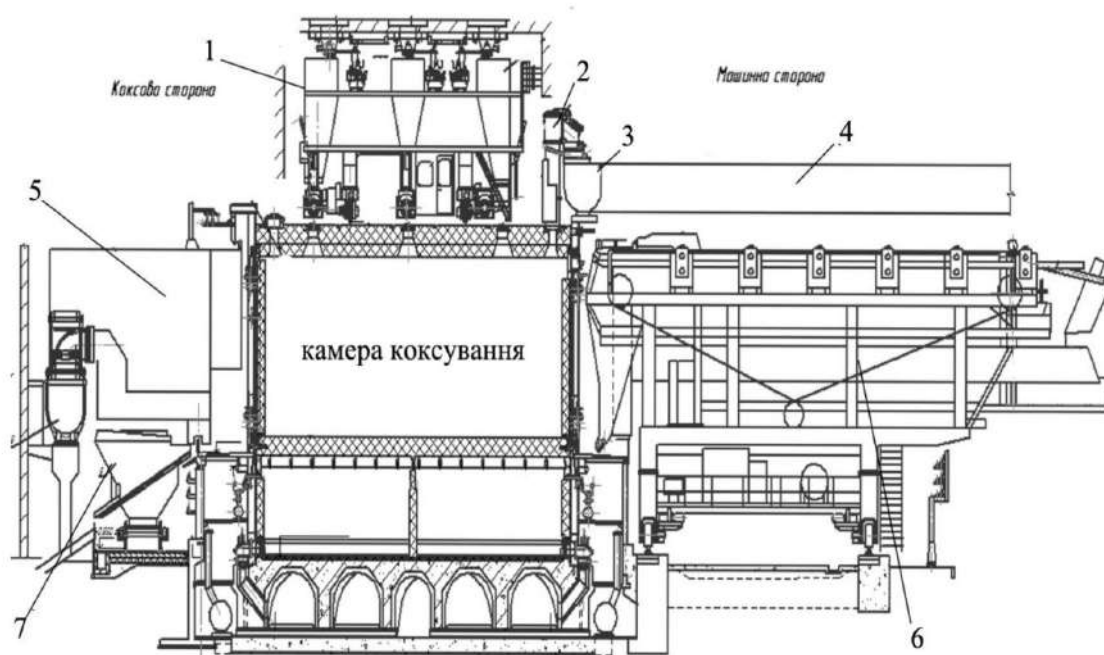
нових конструкцій башт мокрого гасіння коксу конфузорно – дифузорного типу з установкою системи краплевідбійників.

Таким чином, в даний час коксові цехи мають у своєму розпорядженні комплекс необхідних природоохоронних рішень, що дозволяють в значній мірі скоротити негативний вплив на навколишнє середовище та скоротити кількість шкідливих викидів в атмосферу [11,12].

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та обґрунтування коксових печей типу ПВР з використанням вдосконаленої газовідвідної арматури

На підставі літературного огляду, враховуючи переваги та недоліки конструктивних особливостей газовідвідної арматури, екологічні норми та економічну доцільність дипломним проектом за пропонується впровадження печей системи ПВР з установкою коритоподібного газозбірника з машинної сторони (представлена на рисунку 2.1) [5,13-17].



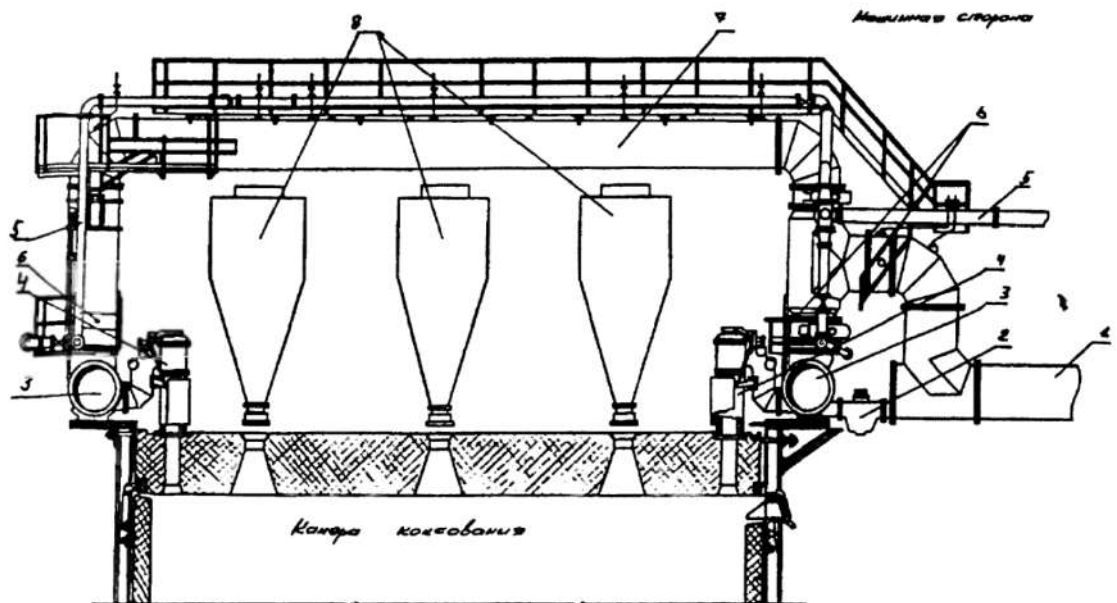
**Рис.2.1. Схема коксової батареї з газозбірником
із машинної сторони**

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5]

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

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

До газовідвідної арматури коксових батарей відносяться: стояки з клапанними коробками, газозбірники, перекидні газопроводи, прямий газопровід, аміакопровід для зрошення та гідроінжекції, паропровід (рис.2.2).



- 1 – прямий газопровід, 2- перетічний ящик, 3 – газозбірники,
4 – стояк, 5 – аміакопровід, 6 – дросельні ящики, 7 – перекидний
газопровід, 8 – профіль бункерів вуглезавантажувального вагону

Рис.2.2. Розташування арматури для відведення парогазових продуктів з камери коксування

Досвід експлуатації газозбірника круглого перетину зі стояками для відводу газів із камер коксових батарей показує, що всім їм властивий ряд

істотних недоліків. Основний з них - це інтенсивні смолевуглецеві відкладення на внутрішній криволінійній поверхні клапанної коробки й на поверхні клапана. Відкладення смолистих речовин й "вільного вуглецю" на внутрішній поверхні стояків вимагає більших обсягів ручної праці для очищення клапанного вузла від вуглеграфітових відкладень або для повної заміни непридатних до подальшої експлуатації клапанних коробок.

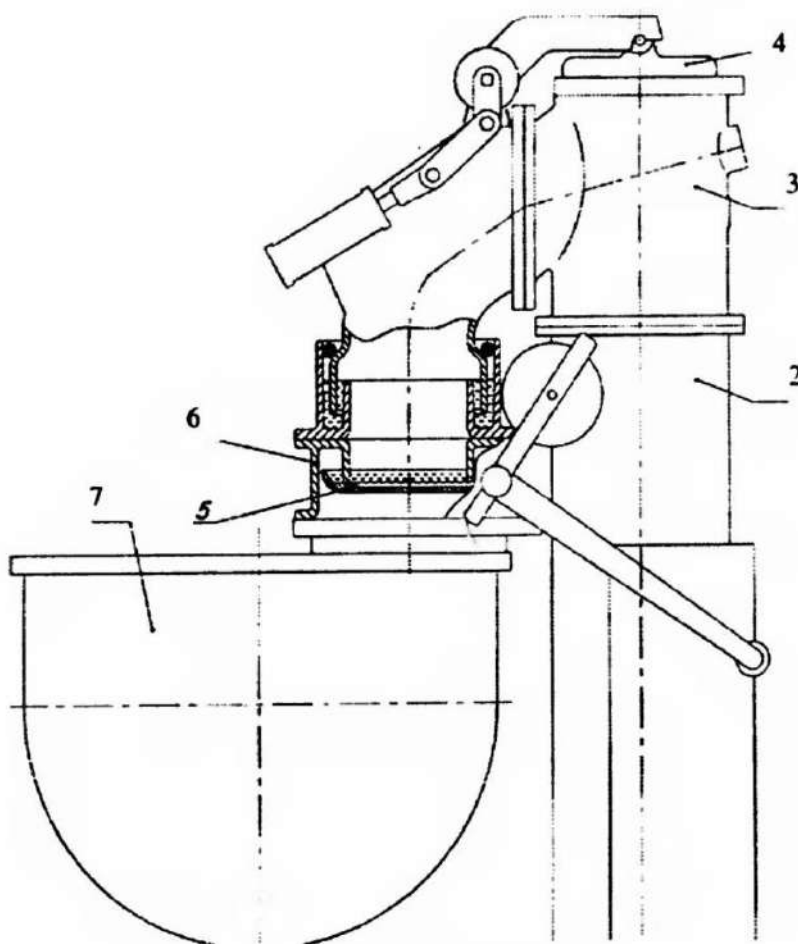
Процес накопичення смолувуглецевих відкладень, якщо оперативні міри з їхнім видаленням запізнюються, призводить до заповнення всього тракту відводів газу в стояку, що ускладнює відсмоктування газу з коксової печі й створює умови для попадання води в печі. Крім того, забивання колін стояків, клапанних коробок, зрошувальної системи, деформація газовідвідного встаткування сприяють швидкому закупорюванню й виведенню з ладу смоляного ящика [13-16].

Явище утворення смолувуглецевих відкладень у стояках пояснюється тим, що сирий коксовий газ, що утворився при коксуванні вугільної шихти, виходить із камер коксування з температурою порядку 700 – 800 °С и по стояках надходить у газозбірник. У колінах стояків й у газозбірнику газ охолоджується надсмольною аміачною водою (77 – 80 °С) до 80 – 90 °С зрошенням через розпилюючі форсунки (під тиском 250 кПа) клапанних коробок стояків і газозбірників. Кількість аміачної води, що подається на зрошення, становить 7,8 м³/т шихти. У такий спосіб відбувається транспортування смоли й фусів у газозбірнику. При змішуванні коксового газу (температура 800 °С) і аміачної води (температура 80 °С) відбувається її випар (3 – 4 %), а з газу конденсуються пари води й смоли, що здобувають потім рідкий вид. Одночасно з газу на внутрішній поверхні клапанного вузла при тиску газу 120 - 150 Па осаджуються вугільні й мінеральні частки, винесені газовим потоком з камер коксування в труби й коліна стояків із шихти, що перебуває в печі. Цей процес і призводить до утворення смолувуглецевих відкладень усередині корпуса клапанної коробки й на

поверхні клапана стояку. Швидке охолодження газу в стояках і газозбірниках необхідно для забезпечення нормальних умов роботи самого стояку.

На підставі проаналізованих недоліків з метою поліпшення екологічної обстановки на заводі та поліпшення умов праці робітників, в кваліфікаційній роботі пропонується нова конструкція газовідвідної арматури, коритоподібний газозбірник установлений з машинної сторони.

Нова конструкція газозбірника (представлена на рисунку 2.3)



1 – футеровка, 2 – стояк, 3 – коліно, 4 – кришка,
5 – гідрозатвор, 6 – клапан, 7 – газозбірник

Рис. 2.3. Газозбірник коритоподібного перетину

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5,16,17]

сконструйована у вигляді корита із круглим дном і рівною поверхнею. Газозбірник включає в себе коритоподібні секції, гідрозатвор, установки газозбірних свічок, опорні металоконструкції.

Газозбірники можуть складатися з однієї гілки, яка встановлюється з машинної сторони, або з двох гілок на машинної і коксової сторонах батареї, з'єднаних перекидним газопроводом. На кожній з гілок встановлюються автоматичні газоскидні свічки з ручним або гідравлічним приводом скидання газу і з автоматичним запальним пристроєм.

При використанні двох газозбірників коксовий газ з камери коксування одночасно відводиться двома стояками у відповідний газозбірник, звідки через перекидний газопровід, до загального газопроводу, що з'єднує коксову батарею з цехом вловлювання. Цей спосіб має деякі недоліки. Основним є перетікання охолодженого газу з одного газозбірника в інший через підсклепінний простір через виникнення різниці тисків у газозбірниках, а використання одного газозбірника виключає це явище і весь коксовий газ з підсклепінного простору надходить у газозбірник, і з моменту планування шихти до кінця коксування, дозволяє відводити основну частину парогазових продуктів на один газозбірник. Недоліками цього способу є низька якість продуктів уловлювання через інжектування газів парою або водою, що призводить до збільшення вмісту кисню в товарному коксовому газі і підвищує зольність смоли, що в свою чергу призводить до виникнення додаткової кількості відходів [3].

В кваліфікаційній роботі пропонується установка коритоподібного газозбірника і стояків тільки з машинної сторони коксової батареї. Цей варіант має перед усім ряд переваг, які полягають в поліпшенні умов праці та процесу їх експлуатації, а також зниженні маси устаткування на верху батареї (до 40 %). Газозбірник коритоподібної форми має клапанну коробку, яка розміщена всередині газозбірника. У клапанній коробці знаходиться і крутиться на валу тарілчастий клапан, за допомогою якого утворюється гідрозатвор, що перешкоджає проникненню коксового газу з газозбірника в

атмосферу під час відключення печі на період видачі коксу і завантаження вугільної шихти. Конструкція газозбірника коритоподібного перетину зі вмонтованими клапанними коробками, повністю виключає можливість обсмолювання, забивання останніх у процесі коксування, газування й спрощує їхню експлуатацію.

Такі конструкції використовуються на новітніх конструкціях коксових печей [9].

Охолодження газу в газозбірниках сучасної конструкції досягається інтенсивним зрошенням надсмольною водою за допомогою розбризкуючих форсунок, які встановлюються в колінах стояків і в самому газозбірнику. Завдяки розпиленню води на найдрібніші бризки вся маса газу добре промивається водою. Обов'язковою умовою нормальної роботи газозбірника і задовільного охолодження газу є рівномірна подача води у всі форсунки під достатнім тиском для досягнення інтенсивного її розпилення.

У газозбірнику, крім конденсації смоли, відбувається також виділення фусів. Надзвичайно небезпечно відкладення фусів на дні газозбірника. Якщо внаслідок тимчасового припинення зрошення на дні газозбірника утворився шар фусів, то наступний шар відкладається по першому шару дуже швидко і міцно. Таким чином, поступово значна частина газозбірника може виявитися забитою фусами, що зменшить необхідний для проходу газу перетин і зробить неможливим нормальну експлуатацію. Тому регулярна перевірка чистоти газозбірника через люки у верхній його частині це умова, яка обов'язкова для нормальної експлуатації газозбірника. Завдяки значній кількості води і смоли, що стікає по газозбірнику, фуси звичайно добре змиваються. Однак, якщо виявляється відкладення фусів, то їх необхідно негайно видалити шкребками у напрямку до відповідного газопроводу [14].

Зворотна аміачна вода разом з фусами і смолою виводиться з газозбірника через гідрозатвори зі смоляними ящиками.

2.2 Фізико - хімічні основи охолодження коксового газу в газозбірнику

В теперішній час на вітчизняних коксохімічних підприємствах склалась достатньо консервативна схема переробки коксового газу. Принципова схема технологічних потоків цеху уловлювання хімічних продуктів представлена на рисунку 2.4.

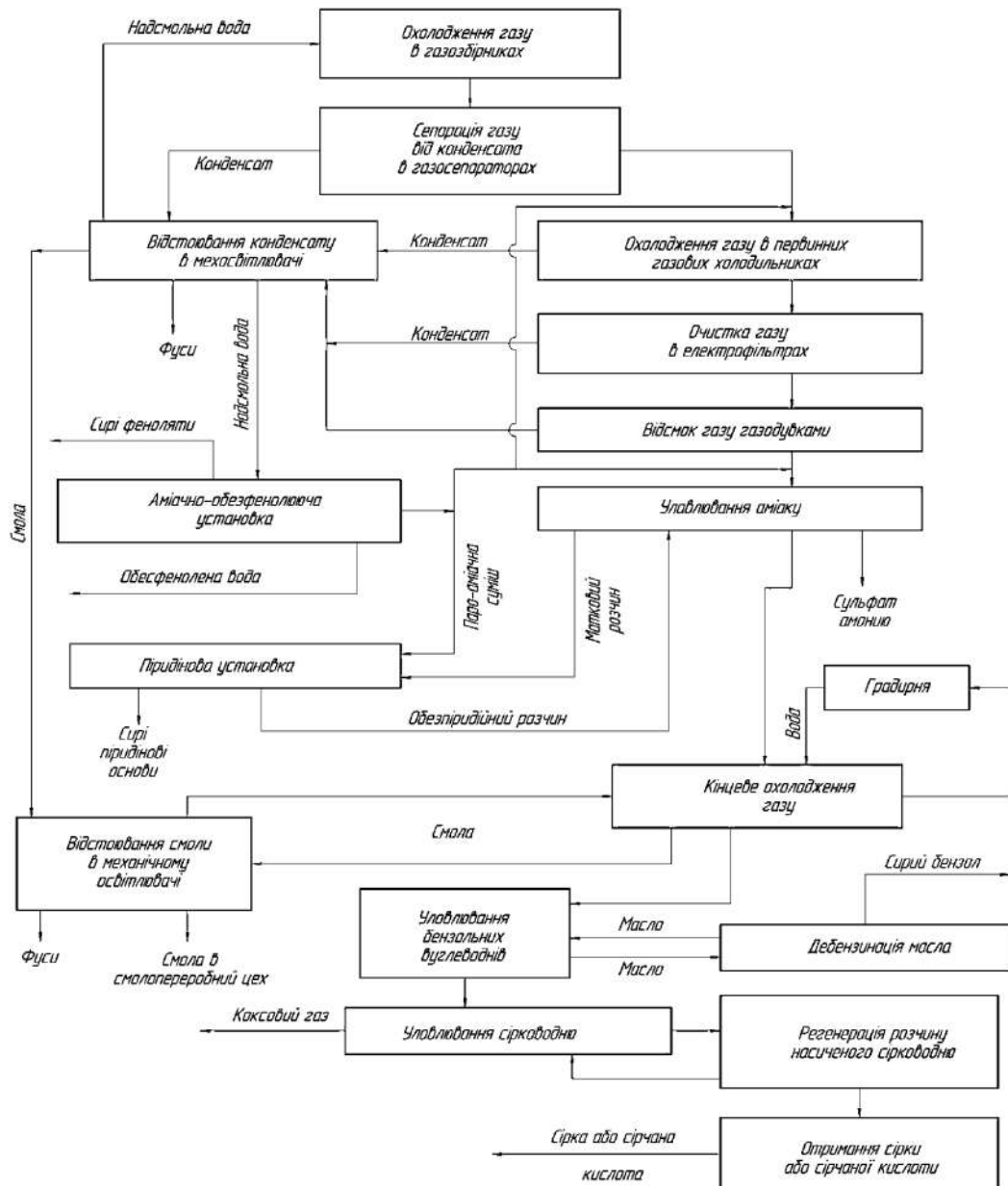


Рис. 2.4. Принципова схема технологічних потоків цеху вловлювання

Вона, як правило, включає первинне охолодження коксового газу в газозбірниках та холодильниках з горизонтальними трубами, очистку від аміаку сатураторним (або безсатураторним) методом, кінцеве охолодження з закритим циклом охолодження, вилучення ароматичних вуглеводнів в абсорберах насадкового типу, а також різні способи очистки від сірководню і ціаністого водню.

При обробці прямого коксового газу в апаратурі цеху уловлювання з нього виділяються основні хімічні продукти коксування і утворюється очищений коксовий газ. Він називається зворотним, його вихід становить 14-15 % від загальної маси, вугілля, що переробляється.

У теплообмінних апаратах контактного типу, до яких відносяться газозбірники, теплообмін між газом і водою супроводжується масообміном, що ускладнює механізм і закономірності перебігу процесів. Із загальної кількості тепла, яке вноситься до газозбірника гарячим газом, переважна частина, а саме 85 – 90 %, витрачається на випаровування охолоджуючої води і лише 10 – 15 % на її підігрів, 3 – 5 % тепла втрачається випромінюванням зовнішньою поверхнею газозбірників в навколишнє середовище. В результаті випаровування води відбувається різке охолодження газу, температура води при цьому підвищується незначно, що призводить до підвищення до точки роси газу, тобто ж до підвищення його вологовмісту. Однак газ по виході з газозбірників не повністю насичений водяними парами, так як температура газу продовжує залишені трохи вище його точки роси. Точка роси газу 78 – 82 °С. Воду, яка застосовується для зрошення, називають аміачною або над смольною водою, так як вона містить поглинений з газу аміак. Друга назва пов'язана з тим, що щільність смоли більше одиниці і вода при поділі завжди знаходиться над смолою. Витрата над смольної води складає 5 – 6 м³ на 1т шихти, 2 – 3 % цієї води випаровується. Для зрошень газозбірників застосовують гарячу воду з температурою 70 – 75 °С. У газозбірниках вона нагрівається на 2 – 3 °С, так як охолодження газу досягається головним чином за рахунок випаровування

води, подача більш холодної води спричинить за собою найгірше охолодження газу через менше випаровування. Надсмольна вода, що йде з газозбірника, має температуру 73 – 78 °С.

У газозбірнику конденсується від 50 – 60 % міститься в газі смоли, при цьому в першу чергу конденсуються її високо киплячі погони. Крім смоли, в газозбірнику в результаті його інтенсивного зрошень водою вимиваються фуси. Спостереження за охолодженням газу в газозбірниках показало, що температура газу після газозбірників залежить в основному від вологості шихти, температури газу перед газозбірниками і кількості охолоджувальної води. При зрошенні газу в стояках і газозбірниках над смольна аміачна вода частково абсорбує з нього аміак, сірководень, вуглекислоту, ціаністий водень та інші кислі гази з утворенням солей аміаку. Склад солей і утримання їх у над смольній воді залежить від температури газу, що залишає газозбірник. Утворившийся в газозбірнику конденсат, що складається з смоли, надсмольної води і фусів, відводиться по прямому газопроводу (з машинної сторони) в відстійну апаратуру відділення конденсації. Після відстою та освітлення надсмольна аміачна вода знову подається на зрошення газозбірників.

2.3 Гідравлічний режим газозбірника

Нормальна робота і збереження коксових печей знаходиться в прямій залежності від режиму роботи газозбірників.

У газозбірниках повинно підтримуватися:

- постійний тиск газу за допомогою автоматичних регулювальників з межами коливань ± 10 Па ($\pm 1,0$ мм вод.ст.);
- постійна температура за рахунок зрошування газу в колінах стояків надсмольної водою.

Тиск і температура газу повинні записуватися реєструючими приладами для кожної окремої секції газозбірника з машинної і коксової сторін.

Величина тиску в газозбірнику встановлюється в таблиці технологічного режиму роботи коксових батарей, затвердженої головним інженером КХВ.

Температура газу в газозбірниках повинна підтримуватися в межах 80-90 °С і не перевищувати 100 °С. Температура газу в газозбірниках машинної і коксової сторін має бути однаковою, вимір температури газу в газозбірнику машинної сторони повинен вироблятися на загальному відведенні прямого газу на відстані 5 м від подовжньої осі газозбірника.

Тиск в газозбірнику встановлюється з врахуванням забезпечення позитивного тиску на поду камери, розташованої біля місця відведення газу з газозбірника, не нижче 0,5 мм вод.ст. до кінця періоду коксування.

На батареях з двома газозбірниками, аби не допускати перетікань газу з одного газозбірника в інший по підсводному простору камер коксування, встановлюється за допомогою дроселів нульовий перепад між ними. Кожну зміну необхідно перевіряти свідчення тиску газу в газозбірниках по приладах КІП.

При підвищенні тиску в газозбірнику вище встановленого, необхідно відкривати свічки і при потребі стояки свіжозавантажених печей. При пониженні тиску в газозбірнику нижче встановленого, необхідно понизити відсмоктування газу до встановлення нормального тиску.

Коксовий газ в газозбірнику охолоджується надсмольною водою, що поступає через форсунки безпосередньо в газозбірник і в коліна стояків. Надсмольна вода на зрошування повинна подаватися з розрахунку не менше 7,8 м³ на тонну завантаженої шихти, включаючи витрату на гідравлічне зганяння фусів. Надсмольная вода на зрошування повинна подаватися після відстою від смоли і фусов. Тиск надсмольної води в торцях аммиакопровода на газозбірниках має бути не нижче 0,2 МПа (2 кгс/см²).

Умови ведення технологічного процесу режиму газозбірника приведені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Умови ведення технологічного процесу режиму газозбірника

Стадія, вузли, апарати, устаткування	Найменування показників режиму і умов ведення процесу, одиниця виміру	Номінальні значення показників і допустимі кордони відхилення
Режим газозбірника	Тиск газу в газозбірнику	Регламентуються режимною картою залежно від періоду коксування.
		Коливання тиску газу в газозбірнику $\pm 1,0$ мм вод.ст.
	Температура газу в газозбірнику	80-90°C, але не вище 100°C
	Кількість надсмольной води, що подається на зрошення газозбірника	Не менше 7,8 м ³ / т шихти
	Тиск надсмольной води в торцях аміакопровіда на газозбірниках	Не нижче 2 кгс/см ²

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [1]

Всі патрубки, форсунки і крани на пристроях для зрошення газу повинні підтримуватися в справному стані і чистота їх повинна систематично перевірятися.

Очищення газозбірників від фусів повинне здійснюватися періодичним включенням аміачної води під тиском від спеціального насоса паром або уручну.

При перервах (більше 10 хвилин) в подачі води на зрошення газу, щоб уникнути перегріву і деформації газозбірників, повинна подаватися пара через спеціальні врізання (2 точки по торцях і 4-5 точки по довжині газозбірника).

Температура в газозбірнику при цьому повинна підтримуватися в межах 200-250 °С. Після відновлення нормальної роботи газозбірника і зрошування аміачної води терміново виробити ущільнення всіх розтрубних з'єднань і підстав стояків.

При перебогах у видачі коксу (окрім зупинок по циклічному графіку) слід збільшити тиск в газозбірниках протягом другої години простою на 20-30 Па (2-3 мм вод.ст.) і за весь подальший період простою ще на 20-30 Па (2-3 мм вод.ст.) [3].

Коксовий газ з коксових камер, що знаходяться на різній стадії коксування, пройшовши стійки і сполучні коліна, надходить в газозбірника коксової батареї (по машинній і коксовій сторонах). У газозбірника відбувається усереднення газу за складом, охолодження і виділення смоли і фусів (вугільної і коксового пилу, змішаної зі смолою) [7].

Газозбірник має коритоподібного форму і клапанну коробку вміщену всередину газозбірника. Такі конструкції застосовуються на нових зарубіжних і вітчизняних конструкціях коксових печей. На коліні є кришка, за допомогою якої піч перед видачею коксу контактує з атмосферою. У клапанної коробці знаходиться і обертається на валу тарілчастий клапан, за допомогою якого утворюється гідро затвор, що перешкоджає проникненню коксового газу з газозбірника в атмосферу під час відключення печі на період видачі коксу та завантаження вугільної шихти. Основне охолодження газу відбувається в коліні, куди з аміакопроводу подається аміачна вода. Смола і аміачна вода з газозбірника надходить в переточний ящик [3].

Для запобігання засосу повітря з атмосфери і прососів продуктів горіння з опалювального простінка в камеру коксування в газозбірнику завжди підтримують невеликий надлишковий тиск газу (до 10 мм. вод. ст.). У цьому випадку газ з камери просочується в опалювальний простінок, що виробляє до швидкого заграфіченню швів кладки, в результаті перетікання газу або продуктів горіння припиняються [5].

Одна з найбільш важливих функцій газозбірника - підтримати необхідний тиск в коксовій печі. Якщо він буде недостатнім, повітря почне підсмоктувати через тріщини в кладці і двері в камеру коксування, буде горіти паливо, а тепло, що виділяється почне руйнувати вогнетривкі стіни; тиск підвищиться і з усіх щілин, з дверей, з люків почнуть виділятися газ і жовтуватий смоляної туман, зіпсуються металоконструкції дверей і колон. Тому безперервно працюють газодувки, що знаходяться в машинному залі, робота яких регулює тиск у газозбірнику. В залежності від кількості газу регулювання потоку коксового газу відбувається за допомогою дросельних заслонок, які прикривають або декілька відкривають вихід з газозбірника в газопровід і тим самим підтримують в ньому постійний тиск. При цьому різниця тиску по довжині газозбірника від моменту відводу газу до найбільш віддалених печей не повинна перевищувати 1 - 1,5 мм. вод. ст. [8, 16,17].

Управління дросельним клапаном проводиться автоматично.

Охолодження газу в газозбірниках досягається безперервним зрошенням його надсмольною аміачною водою, яка під тиском 100-150 кПа (1,0-1,5 ат) інтенсивно розпилюється спеціальними форсунками, встановленими в колінах стояків і в газозбірнику.

2.4 Модернізація конструктивних характеристик арматури для відведення парогазових продуктів продуктів з коксових печей

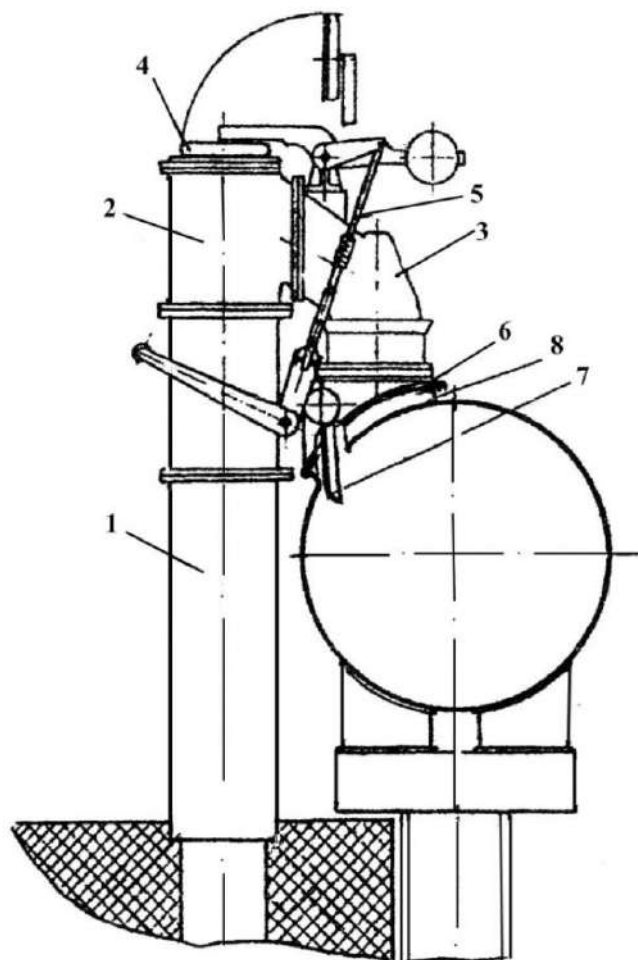
Досвід експлуатації традиційних стояків для відводу газів із печних камер коксових батарей показує, що всім їм властивий ряд істотних недоліків. Основний з них - це інтенсивні смолевуглеграфітові відкладення на внутрішній криволінійній поверхні клапанної коробки й на поверхні клапана. Відкладення смолистих речовин й «вільного вуглецю» на внутрішній поверхні стояків вимагає більших витрат ручної праці для очищення клапанного вузла від вуглеграфітових відкладень або для повної заміни непридатних до подальшої експлуатації клапанних коробок.

Процес накопичення смолевуглеграфітових відкладень, якщо оперативні заходи з їхнім видаленням запізнюються, приводить до заповнення всього тракту відводів газу в стояку, що ускладнює відсос газу з коксової печі й створює умови для попадання води в печі. Крім того, забивання колін стояків, клапанних коробок, зрошувальної системи, деформація газовідвідного устаткування сприяють швидкому закупорюванню й виведенню з ладу смоляного ящика.

Крім того, у стояках, використовуваних на багатьох коксохімічних підприємствах, через кришку клапанного вузла й через розтруб клапанної коробки відбувається газовиділення в атмосферу. Витік коксового газу в повітря приводить до зменшення кількості одержуваних хімічних продуктів коксування й забруднює навколишнє середовище.

Співробітники ВАТ «Макіївський коксохімічний завод» й УХІНа зробили нову конструкцію стояку для відводу газів з коксових печей. При застосуванні такого стояку відсутні газовиділення в атмосферу із кришки стояка й розтруба клапанної коробки; виключені й вуглеграфітові відкладення на внутрішній частині клапанної коробки й на поверхні клапана (рис 2.5).

Істотна відмінність конструкції запропонованого стояку від традиційного - з'єднання колінного вузла з вертикальною трубою. Це забезпечує зменшення місцевих опорів при проходженні парогазових продуктів і збільшення ефективності відсоса газу через пристрій з підсводового простору камери коксування.



1 - труба; 2 - трійник; 3 - коліно; 4 - кришка; 5 - важільна система;
6- корпус клапана; 7 - клапан; 8 – патрубок

Рис. 2.5. Нова конструкція стояку

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [5,16,17]

Розташування трійника, який має гідрозакрив із внутрішнім переливом, безпосередньо над клапанною коробкою спрощує традиційну конструкцію гідрозакриву, що забезпечує перелив води в газозбірник. Установка трійника над клапанною коробкою усуває випадкові переливи води з гідрозакриву в підсводовий простір камери коксування й виключає руйнування шамотної кладки печі; розміщення гідрозакриву у верхній частині клапанної короб-

ки усуває газовиділення в навколишнє середовище з вузла з'єднання трійника із клапанною коробкою.

Корпус клапанної коробки виконаний порожнистим; установлена вона безпосередньо на газозбірнику паралельно вісі вертикальної труби стояку, що сприяє усуненню смолевуглеграфітових відкладень (фусів) на внутрішній частині клапанної коробки й поверхні клапана, що у відкритому положенні розташовується вертикально й здебільшого перебуває в газозбірнику, тобто в зоні практично постійної температури. Крім того, циліндрична форма корпуса клапанної коробки дозволяє зменшити місцеві опори проходженню парогазових продуктів і збільшити ефективність відсосу сирого коксового газу з камери коксування.

Запропонований стояк для відводу газів з коксової печі працює в такий спосіб. При коксуванні вугільної шихти тарілчастий клапан стояку відкритий, а кришка трійника закрита. Парогазові продукти з камери коксування надходять у газозбірник. При видачі коксового пирога печну камеру відключають від газозбірника закриттям клапана й відкриттям кришки стояку. При цьому зрошувальна вода заповнює тарілку клапана й забезпечує гідравлічний затвор, що від'єднує газозбірник від коксової печі.

Таким чином, запропонована конструкція стояку для відводу парогазових продуктів з коксової печі дозволяє усунути втрату коксового газу, що містить цінні хімічні речовини, у навколишнє середовище і виключити ручну працю при очищенні стояку від смолевуглеграфітових відкладень, а також при заміні клапанних коробок і самих клапанів [19-21].

2.5 Розрахунок матеріального балансу

Початковими даними для розрахунку якості вугільної шихти є склад і якість вугільних концентратів.

Розрахунок вугільної шихти і виходу продуктів коксування представлені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Марочний склад вугільної шихти

Марка вугілля	% участі	Показники якості вугільних концентратів					
		$W_{\text{ш}}^r$ %	$A_{\text{ш}}^d$ %	$S_{\text{ш}}^d$ %	V^{daf} %	Y , мм	R_0 %
Високолетючі (HV)							
Г Білоріченська	3,0	8,1	8,8	3,14	40,8	11	0,64
Середньоколетючі (MV)							
Оаку Крек Австр.	2,0	8,7	8,6	0,49	27,5	22	1,13
К Північна	10,0	10,4	8,8	0,55	23,7	17	1,09
КЖ+К+КО Східна	42,0	10,6	12,0	0,75	26,1	17	1,15
Ж Укркокс	16,0	8,9	13,5	2,40	27,4	20	0,86
Blue Creek (США)	13,0	8,4	9,6	0,67	29,1	24	1,07
Низькоколетючі (LV)							
К+КО+КС Північна	14,0	11,3	8,7	0,48	21,7	11	1,18
	100,0						

Примітка. Розроблено автором

Вихідні дані для розрахунку:

а) технічний аналіз вугільної шихти %

$$W_{\text{ш}}^r = 10; A_{\text{ш}}^d = 10,9; S_{\text{зар}}^d = 1,01; V^{\text{daf}} = 26,3; y = 17,5 \text{ мм}$$

б) елементний склад шихти на горючу масу, %

$$C^{\text{daf}} = 87,51; H^{\text{daf}} = 5,22; O^{\text{daf}} = 5,40; N^{\text{daf}} = 1,87;$$

в) показники технічного аналізу $A_{\text{ш}}^d$ і $S_{\text{ш}}^d$, а так само елементного аналізу перераховуємо на робочу масу.

$$A_{\text{ш}}^r = A_{\text{ш}}^d \cdot \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100} = 10,9 \cdot \frac{100 - 10}{100} = 9,81\% \quad (2.1)$$

$$S_{\text{ш}}^r = S_{\text{ш}}^d \cdot \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100} = 1,01 \cdot \frac{100 - 10}{100} = 0,91\% \quad (2.2)$$

$$C_{\text{ш}}^r = C_{\text{ш}}^d \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r - S_{\text{ш}}^r)}{100} = 87,51 \cdot \frac{100 - (10 + 9,81 + 0,91)}{100} = 69,38\% \quad (2.3)$$

$$H_{\text{ш}}^r = H^{\text{daf}} \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r - S_{\text{ш}}^r)}{100} = 5,22 \cdot \frac{100 - (10 + 9,81 + 0,91)}{100} = 4,14\% \quad (2.4)$$

$$O_{\text{ш}}^r = O^{\text{daf}} \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r - S_{\text{ш}}^r)}{100} = 5,40 \cdot \frac{100 - (10 + 9,81 + 0,91)}{100} = 4,28\% \quad (2.5)$$

$$N_{\text{ш}}^r = N^{\text{daf}} \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r - S_{\text{ш}}^r)}{100} = 1,87 \cdot \frac{100 - (10 + 9,81 + 0,91)}{100} = 1,48\% \quad (2.6)$$

Для перевірки правильного розрахунку отримані дані зводимо в контрольний рядок:

$$10 + 9,81 + 0,91 + 69,38 + 4,14 + 4,28 + 1,48 = 100,0\%$$

Кількість сухої шихти:

$$G_{\text{ш}}^d = 1000 - 100 = 900 \text{ кг або } 90\% \text{ від робочої шихти.}$$

2) Витратна частина

Вихід валового коксу

$$G_{\text{к}}^d = 94,87 - 0,635 \cdot V_{\text{ш}}^d \quad (2.7)$$

$$V_{\text{ш}}^d = V^{\text{daf}} + \frac{100 - A_{\text{ш}}^d}{100} = 26,3 \cdot \frac{100 - 10,9}{100} = 23,43\% \quad (2.8)$$

$$G_{\text{к}}^d = 94,87 - 0,635 \cdot 23,43 = 79,99\%$$

$$G_{\text{к}}^r = G_{\text{к}}^d \cdot \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100} = 79,99 \cdot \frac{100 - 10}{100} = 71,99\% \quad (2.9)$$

Вихід кам'яновугільної смоли

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

$$= [-18,36 + 1,53 \cdot 26,3 - 0,026 \cdot (26,3)^2] \cdot \frac{100 - 10 - 9,81}{100} = 3,12\% \quad (2.10)$$

$$G_{\text{см}}^d = G_{\text{см}}^r \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^r} = 3,12 \cdot \frac{100}{100 - 10} = 3,5\% \quad (2.11)$$

Вихід «сирого» бензолу

$$G_6^r = [-1,61 + 0,144 \cdot V^{\text{daf}} - 0,0016 \cdot (V^{\text{daf}})^2] \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r)}{100} =$$

$$= [-1,61 + 0,144 \cdot 26,3 - 0,0016 \cdot (26,3)^2] \cdot \frac{100 - 10 - 9,81}{100} = 0,86\% \quad (2.12)$$

$$G_6^d = G_6^r \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^r} = 0,86 \cdot \frac{100}{100 - 10} = 0,95\% \quad (2.13)$$

Вихід зворотного коксового газу

$$G_{\text{к.г.}}^r = A_2 \sqrt{V_{\text{ш}}^{\text{daf}}} \cdot \frac{100 - W_{\text{ш}}^r}{100} = 2,6 \cdot \sqrt{26,3} \cdot \frac{100 - 10}{100} = 11,99\% \quad (2.14)$$

Приймаємо $A_2 = 2,6$

$$G_{\text{к.г.}}^d = G_{\text{к.г.}}^r \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^r} = 14 \cdot \frac{100}{100 - 10} = 13,3\% \quad (2.15)$$

Вихід аміаку 100%-го

$$G_{\text{а.м.}}^r = d \cdot N^{\text{daf}} \cdot \frac{17}{14} \cdot \frac{100 - (W_{\text{ш}}^r - A_{\text{ш}}^r)}{100} \quad (2.16)$$

Приймаємо $d=0,15$

$$G_{ам.}^r = 0,15 \cdot 1,87 \cdot \frac{17}{14} \cdot \frac{100-10-9,81}{100} = 0,27\%$$

$$G_{ам.}^d = G_{ам.}^r \cdot \frac{100}{100-W_{ш}^r} = 0,27 \cdot \frac{100}{100-10} = 0,3\% \quad (2.17)$$

Вихід сірки в перерахунку на сірководень

$$G_s^r = K_s \cdot S_{ш}^r \cdot \frac{34}{32} = 0,24 \cdot 0,91 \cdot \frac{34}{32} = 0,23\% \quad (2.18)$$

приймаємо $K_s = 0,24$

$$G_s^d = G_s^r \cdot \frac{100}{100-W_{ш}^r} = 0,24 \cdot \frac{100}{100-10} = 0,25\% \quad (2.19)$$

Вихід пірогенетичної вологи

$$G_{пир}^r = K \cdot O_{ш}^r \cdot \frac{18}{16} = 0,33 \cdot 4,28 \cdot \frac{18}{16} = 1,59\% \quad (2.20)$$

приймаємо $K=0,33$

$$G_{пир}^d = G_{пир}^r \cdot \frac{100}{100-W_{ш}^r} = 1,59 \cdot \frac{100}{100-10} = 1,76\% \quad (2.21)$$

Зведений матеріальний баланс коксування приведений в таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Зведений матеріальний баланс коксування

Прибуткова частина			Витратна частина		
стаття	кількість		Стаття	Склад, %	
	Маса, кг	%		Робоча маса	Суха маса
Завантажена суха шихта	900	90,0	Валовий кокс	71,99	79,99
Волога шихти	100	10,0	Кам'яновугільна смола	3,12	3,5
			«сирий» бензол	0,86	0,95
			Коксовий газ	11,99	13,3
			Аміак	0,27	0,3
			Сірководень	0,23	0,25
			Пірогенетична волога	1,59	1,76
			Волога шихти	10	-
			Нев'язка балансу	0,05	0,05
			Разом	100,0	100,0

Примітка. Розроблено автором

2.6 Розрахунок матеріального балансу газозбірника

Продуктивність заводу по шихті:

$$P_{\text{ш}} = \frac{P_{\text{мк}}}{a_{\text{вк}} \cdot k} = \frac{2000000}{0,95 \cdot 0,78} = 2699055 \text{ т/год} \quad (2.22)$$

де $P_{\text{мк}}$ – продуктивність заводу по металургійному коксу, т/год

$a_{\text{вк}}$ – вихід з сухого коксу металургійного коксу, $a_{\text{вк}} = 0,94 - 0,96$

k – вихід валового коксу з сухої шихти

Добова потреба в шихті складе:

$$\frac{2699055}{365} = 7395 \text{ т}, \quad (2.23)$$

що становить 308 т/год робочої шихти.

Кількість вологої шихти

$$G_{\text{ш}}^{\text{р}} = G_{\text{ш}}^{\text{с}} \cdot \frac{100}{100 - W_{\text{ш}}^{\text{р}}} = 308 \cdot \frac{100}{100 - 10} = 342 \text{ т/год} \quad (2.24)$$

Кількість вологи шихти

$$G_{\text{ш}}^{\text{вл}} = 342 - 308 = 34 \text{ т/год} \quad (2.25)$$

Кількість газоподібних продуктів, що надходять у газозбірник, кг/год:

сухий коксовий газ	$G_{\text{к.г.}}^{\text{с}} = 342000 \cdot 0,133 = 45486;$
водяні пари	$G_{\text{в.п.}} = 342000 \cdot 0,0176 + 34000 = 40019;$
пари смоли	$G_{\text{см}} = 342000 \cdot 0,035 = 11970;$
пари бензольних вуглеводнів	$G_{\text{б.у.}} = 342000 \cdot 0,0095 = 3249;$
сірководень	$G_{\text{H}_2\text{S}} = 342000 \cdot 0,0025 = 855;$
аміак	$G_{\text{NH}_3} = 342000 \cdot 0,003 = 1026;$

По об'єму ці продукти складуть, м³/год:

Сухий коксовий газ

$$V_{\text{к.г.}}^{\text{с}} = \frac{G_{\text{к.г.}}^{\text{с}}}{\rho_{\text{к.г.}}^{\text{с}}} = \frac{45486}{0,454} = 100189 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.26)$$

де 0,454 – щільність коксового газу, розраховується по сполучі газу, кг/м³;

$$\rho_{\text{к.г.}}^{\text{с}} = (0,579 \cdot 2 + 0,262 \cdot 16 + 0,06 \cdot 28 + 0,046 \cdot 28 + 0,022 \cdot 44 + 0,025 \cdot 28 + 0,006 \cdot 32) \cdot \frac{1}{22,4} = 0,454 \text{ кг/м}^3$$

Водяні пари

$$V_{\text{в.п.}} = G_{\text{в.п.}} \cdot \frac{22,4}{M_{\text{в.п.}}} = 40019 \cdot \frac{22,4}{18} = 49801 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.27)$$

Пари смоли

$$V_{\text{см}} = G_{\text{см}} \cdot \frac{22,4}{M_{\text{см}}^{\text{сп}}} = 11970 \cdot \frac{22,4}{170} = 1577 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.28)$$

Пари бензольних вуглеводнів

$$V_{\text{б.у.}} = G_{\text{б.у.}} \cdot \frac{22,4}{M_{\text{б.у.}}^{\text{сп}}} = 3249 \cdot \frac{22,4}{83} = 877 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.29)$$

Об'єм сірководню

$$V_{\text{H}_2\text{S}} = G_{\text{H}_2\text{S}} \cdot \frac{22,4}{M_{\text{H}_2\text{S}}} = 855 \cdot \frac{22,4}{34} = 563 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.30)$$

Об'єм аміаку

$$V_{\text{NH}_3} = G_{\text{NH}_3} \cdot \frac{22,4}{M_{\text{NH}_3}} = 1026 \cdot \frac{22,4}{17} = 1352 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.31)$$

РАЗОМ: 154359 м³/год

Приймаємо, що в газозбірниках конденсується 60% смоли, що втримується у вступнику газі. Тоді кількість смоли, що сконденсувалася, буде дорівнює

$$g_{\text{см}}^{\text{конд}} = 11970 \cdot 0,6 = 7182 \text{ кг/год} \quad (2.32)$$

У коксовому газі у вигляді пар з газозбірника будуть виходити смоли

$$g_{\text{см}}^{\text{н}} = 11970 - 7182 = 4788 \text{ кг/год} \quad (2.33)$$

По об'єму це складе

$$V_{\text{см}}^n = 1577 \cdot 0,4 = 631 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.34)$$

Кількість води, що випарувалася в газозбірнику (G), є невідомою величиною, що розраховується з теплового балансу газозбірника.

Кількість газоподібних і пароподібних продуктів, що виходять із газозбірника, зведемо в таблицю (таблиця 2.4).

Таблиця 2.4

Склад летучих продуктів, що виходять із газозбірника

Найменування	Кількість	
	кг/год	м ³ /год
Сухий коксовий газ	45486	100189
Водяні пари	40019+G	49801+1,245 G
Пари смоли	11970	1577
Пари бензольних вуглеводнів	3249	877
Сірководень	855	563
Аміак	1026	1352
РАЗОМ:	102605+G	154359+1,245 G

Примітка. Розроблено автором.

Розрахунок теплового балансу газозбірників

Прихід тепла

Тепло, внесене в газозбірник летучими продуктами коксування:

Тепло, внесене сухим коксовим газом

$$q_1 = G_{\text{к.г.}} \cdot \bar{C}_{\text{к.г.}} \cdot t_1, \quad (2.35)$$

де t_1 - температура вихідного газу, приймаємо рівної $t_1=650$ °С;

$\bar{C}_{к.г.}$ – середня теплоємність сухого коксового газу в інтервалі температур 0-650⁰С, визначається по складу газу й середнім теплоємностям компонентів:

$$\bar{C}_{к.г.}^{об.} = 0,579 \cdot 1,314 + 0,262 \cdot 2,325 + 0,06 \cdot 3,368 + 0,046 \cdot 1,356 + 0,022 \cdot 2,055 + 0,025 \cdot 3,003 + 0,006 \cdot 1,420 = 3,002 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{град}$$

Теплоємність по масі складе

$$\bar{C}_{к.г.}^{масс.} = \frac{\bar{C}_{к.г.}}{\rho_{к.г.}} = \frac{3,002}{0,454} = 6,67 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град} \quad (2.36)$$

тоді $q_1 = 45486 \cdot 6,67 \cdot 650 = 197204553 \text{ кДж/год}$ (2.37)

Тепло, внесене водяними парами

$$q_2 = G_{в.п.} \cdot (2493 + \bar{C}_в \cdot t_1), \quad (2.38)$$

де $\bar{C}_в$ - середня теплоємність водяних пар у межах температур 0-650 ⁰С, рівна 2,028 кДж/кг · град.

$$q_2 = 40019 \cdot (2493 + 2,028 \cdot 650) = 152520413 \text{ кДж/год} \quad (2.39)$$

Тепло, внесене парами смоли

$$q_3 = G_{см} \cdot (368 + \bar{C}_{см} \cdot t_1), \quad (2.40)$$

де 368 - ентальпія парів смоли, рівна 2,345 кДж/кг

$\bar{C}_{см}$ - теплоємність парів смоли, рівна 2,345 кДж/кг

$$q_3 = 11970 \cdot (368 + 2,345 \cdot 650) = 22650232 \text{ кДж/год} \quad (2.41)$$

Тепло, внесене бензольними вуглеводнями

$$q_4 = G_{\bar{b},y} \cdot \bar{C}_{\bar{b},y} \cdot t_1, \quad (2.42)$$

де $\bar{C}_{\bar{b},y}$ - теплоємність парів бензольних вуглеводнів, обчислюється по формулі

$$\bar{C}_{\bar{b},y} = \frac{86,7+0,1 \cdot 650}{83} = 1,83 \text{ кДж/кг} \cdot \text{град} \quad (2.43)$$

де 83 - середня молярна маса бензольних вуглеводнів.

$$\text{Тоді } q_4 = 3249 \cdot 1,83 \cdot 650 = 3864686 \text{ кДж/год} \quad (2.44)$$

Тепло, внесене сірководнем

$$q_5 = G_{сер} \cdot C_{сер} \cdot t_1 = 855 \cdot 1,14 \cdot 650 = 633555 \text{ кДж/год} \quad (2.45)$$

Тепло, внесене аміаком

$$q_6 = G_{ам} \cdot C_{ам} \cdot t_1 = 1026 \cdot 2,61 \cdot 650 = 1740609 \text{ кДж/год} \quad (2.46)$$

Загальна кількість тепла, внесене в газозбірник летючими продуктами коксування, складе

$$Q_1 = 750989246 \text{ кДж/год}$$

Тепло, внесене в газозбірники надсмольною водою, що подається на охолодження газу

$$Q_2 = W_1 \cdot t'_6 \quad (2.47)$$

де W_1 – кількість подаваної надсмольної води, кг/год. Приймаємо $5,5 \text{ м}^3$ на 1т сухої шихти, що складе

$$W_1 = 220 \cdot 5,5 = 1210 \text{ м}^3/\text{год}$$

Мінімальну температуру надсмольної води, що подається в газозбірники, визначаємо по крапці роси газу, що надходить у газозбірники.

Парціальний тиск водяних пар у газі, що надходить у газозбірники із загальним тиском $P_{\text{общ}}=101308 \text{ Па}$, складе

$$P_{\text{парц}} = \frac{V'_g}{V_{\text{общ}}} \cdot P_{\text{общ}} = \frac{49801}{154359} \cdot 101308 = 32685 \text{ Па} \quad (2.48)$$

Це відповідає мінімальній температурі, рівної $68 \text{ }^\circ\text{C}$. Дійсна температура повинна бути вище крапки роси вступника газу на $5\text{-}10 \text{ }^\circ\text{C}$ для забезпечення рушійної сили випару води в газ.

Приймаємо температуру вступник води, рівної $75 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$\text{Тоді} \quad Q_2 = 1210000 \cdot 75 \cdot 4,19 = 380242500 \text{ кДж/год}, \quad (2.49)$$

де $1 \text{ ккал}=4,19 \text{ кДж}$

Загальна кількість тепла, внесене в газозбірник

$$Q_{\text{прих}} = Q_1 + Q_2 = 750989246 + 380242500 = 1131231746 \text{ кДж/год} \quad (2.50)$$

Витрата тепла

Тепло, яке уноситься коксовим газом з газозбірників:

Тепло, яке уноситься сухим коксовим газом

$$q_1 = G_{\text{к.г.}} \cdot \bar{C}_{\text{к.г.}} \cdot t_2. \quad (2.51)$$

Температуру газу на виході з газозбірників приймаємо попередньо рівної 82 °С. Середня теплоємність газу (\bar{C}_r), в інтервалі температур 0-88 °С буде дорівнює

$$\bar{C}_r = (0,579 \cdot 1,29 + 0,262 \cdot 1,6 + 0,06 \cdot 1,28 + 0,046 \cdot 1,27 + 0,022 \cdot 1,73 + 0,025 \cdot 2,17 + 0,006 \cdot 1,31) = 1,402 \text{ кДж/м}^3 \cdot \text{град}$$

Теплоємність по масі

$$C_2^G = \frac{1,402}{0,454} = 3,08 \text{ кДж/год} \quad (2.52)$$

Тоді $q_1 = 45486 \cdot 3,08 \cdot 82 = 11487944 \text{ кДж/год} \quad (2.53)$

Тепло, що відноситься водяними парами

$$q_2 = G_{e.n.} \cdot (2493 + C_e \cdot t_2), \quad (2.54)$$

де C_e - теплоємність водяних пар, рівна 1,835 кДж/год.

$$q_2 = (40019 + G) \cdot (2493 + 1,835 \cdot 82) = 105789026 + 2643,5G \quad (2.55)$$

Тепло, яке уноситься парами смоли

$$q_3 = G_{cm} \cdot (386,9 + C_{cm} \cdot t_2), \quad (2.56)$$

де

$$C_{cm} = 1,28 + 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 82 = 1,41 \text{ кДж/год}$$

Тоді $q_3 = 4788 \cdot (1,28 + 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 82) = 12880 \text{ кДж/год} \quad (2.57)$

Тепло, яке уноситься парами бензольних вуглеводнів

$$q_4 = G_6 \cdot \bar{C}_6 \cdot t_2, \quad (2.58)$$

Теплоємність бензольних вуглеводнів

$$\bar{C}_6 = \frac{86,73 + 0,109 \cdot 82}{83} = 1,067 \text{кДж/кг} \cdot \text{град}$$

Тоді

$$q_4 = 3249 \cdot 1,067 \cdot 82 = 284268 \text{кДж/год} \quad (2.59)$$

Тепло, яке уноситься сірководнем

$$q_5 = G_c \cdot C_c \cdot t_2 = 855 \cdot 0,99 \cdot 82 = 69409 \text{кДж/год} \quad (2.60)$$

Тепло, яке уноситься аміаком

$$q_6 = G_a \cdot C_a \cdot t_2 = 1026 \cdot 2,1 \cdot 82 = 176677 \text{кДж/год} \quad (2.61)$$

Загальна кількість тепла, яке уноситься коксовим газом з газозбірників, складе

$$Q_3 = 117820204 + 2643,5 \cdot G \quad (2.62)$$

Тепло, яке уноситься з газозбірників надсмольною водою й смолою, що сконденсувалася

$$Q_4 = (W_1 - G + q_{см} \cdot C_{см}) \cdot t''_в \quad (2.63)$$

де $t''_в$ - температура вихідної з газозбірників води й смоли, $^{\circ}\text{C}$.
Приймаємо $t''_в = 78^{\circ}\text{C}$; $C_{см}$ - теплоємність смоли.

$$C_{см} = 1,37 + 0,001 \cdot 78 = 1,45 \text{кДж/кг} \cdot \text{град}$$

$$Q_4 = (1210000 - G) \cdot 78 \cdot 4,19 + 7182 \cdot 1,45 \cdot 78 = 40357504 - 327 \cdot G$$

Тепло, що втрачається газозбірником у навколишній простір, визначаємо по формулі

$$Q_5 = (\alpha_k + \alpha_{изл}) \cdot F \cdot \tau \cdot (t_{ст} - t_в), \quad (2.64)$$

де α_k й $\alpha_{изл}$ - коефіцієнти тепловіддачі від стінки газозбірника в навколишній простір конвекцією й випромінюванням, значення визначається по формулі

$$\alpha_k + \alpha_{изл} = 33,50 + 0,21 \cdot t_{ст}, \quad (2.65)$$

$t_{ст}$ - температура стінки, приймаємо $t_{ст} = 120$ °С; $t_в$ - температура повітря, $t_в = 25$ °С.

$$\text{Тоді } \alpha_k + \alpha_{изл} = 33,50 + 0,21 \cdot 120 = 58,7 \text{ кДж/м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град}$$

Поверхня двох газозбірників на двох коксових батареях при діаметрі 1,5 м і довжині кожного 101м буде дорівнює

$$F = 3,14 \cdot 1,5 \cdot 101 \cdot 2,2 = 1900 \text{ м}^2$$

$$\text{Тоді } Q_5 = 58,7 \cdot 1900 \cdot (120 - 25) = 10610964,2 \text{ кДж/год}$$

Таким чином, загальна витрата тепла складе

$$Q_{расх} = 168766672 + 2316,5 \cdot G.$$

Прирівнюючи витрату тепла, одержимо:

$$1131231746 = 168766672 + 2316,5 \cdot G$$

$$G = 415572 \text{ кг/год}$$

Таким чином, кількість води, що випарувалася, у газозбірнику, подаваної на охолодження коксового газу, дорівнює 69751 кг/год, що по об'єму складе

$$V_{в.п.}^{исп} = \frac{415572}{18} \cdot 22,4 = 517156 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.66)$$

Тоді загальний об'єм водяної пари, що виходить із газозбірника, буде дорівнювати

$$V_{в.п.}^{общ} = 40019 + 517156 = 557175 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.67)$$

а загальний об'єм всіх газів складе

$$114340 + 557175 = 671515 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.68)$$

Парціальний тиск водяних пар на виході з газозбірників буде дорівнює

$$P = 760 \cdot 133,3 \cdot \frac{557175}{671515} = 84058 \text{ Па}, \quad (2.69)$$

На підставі наведених розрахунків зведено матеріальний баланс газозбірників у таблицю 2.5, тепловий баланс - у таблицю 2.6.

Таблиця 2.5

Матеріальний баланс газозбірника

Найменування продуктів	Надходить у газозбірник		Виходить із газозбірника	
	кг/год	м ³ /год	кг/год	м ³ /год
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 2.5

Матеріальний баланс газозбірника

1	2	3	4	5
<u>Коксовий газ:</u>				
1. Сухий коксовий газ	45486	100189	45486	100189
2. Водяні пари	40019	49801	455591	566958
3. Пари смоли	11970	1577	4788	630
4. Пари бензольних вуглеводнів	3249	877	3249	877
5. Сірководень	855	563	855	563
6. Аміак	1026	1352	1026	1352
РАЗОМ:	102605	154359	510995	670569
<u>Рідина:</u>				
1. Надсмольна вода	1210000	-	794428	-
2. Смола	-	-	7182	-
РАЗОМ:	13112605	154359	1312605	670569

Примітка. Розроблено автором

Таблиця 2.6

Тепловий баланс газозбірника

Найменування продуктів	Прихід тепла , кДж/год	Витрата тепла, кДж/год
Сухий коксовий газ	197204553	1147944
Водяні пари	152520413	10578906+2643,5G
Пари смоли	22650232	12880
Пари бензольних вуглеводнів	38646886	284268
Сірководень	633555	69409
Аміак	1740609	176677
Надсмольна вода	380242500	40357504-327G
Смола	-	
Втрати тепла	-	10610964,2
РАЗОМ:	758856748	161006672+ +2316,5 G

Примітка. Розроблено автором

Діаметр газозбірника визначаємо виходячи з фактичного об'єму газу, що виходить із газозбірників і швидкості газу, рівної 4 м/с. Об'єм вихідного газу дорівнює тоді з однієї коксової батареї виходить $671515 : 2 = 335757$ м³/год, а через один газозбірник $335757 : 2 = 167879$ м³/годину. В одному напрямку: $167879 : 2 = 83939$ м³/годину. Отже, перетин газозбірника складе

$$S = \frac{83939}{3600 \cdot 4} = 5,08 \text{ м}^2 \quad (2.70)$$

2.7 Економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень

В роботі запропонована модернізація газовідвідної арматури коксової батареї, суть якої полягає у застосуванні нової конструкції газозбірника коритоподібного типу та стояків.

Дана реконструкція призведе до зменшення кількості викидів шкідливих речовин в атмосферу, в результаті повного усунення виділення коксового газу через нещільність кришок стояків і розтрубних з'єднань клапанних коробок, а також до зниження витрати енергетичних витрат: електроенергії, які можна охарактеризувати за допомогою зменшення витрати електроенергії за рахунок зниження ваги обслуговуючих машин на 30 %, що обумовить скорочення споживаної електроенергії приблизно на 25 %.

За плановою калькуляцією для коксового цеху при роботі коксових батарей встановлені наступні норми (на одну тону сухого коксу):

Електроенергія – 0,00704 МВт·год за ціною 1328,03 грн.

Враховуючи зменшення витрат електроенергії приблизно на 25 %, при реконструкції коксових батарей, проведемо розрахунок економічного ефекту для енергетичних витрат.

Економія електроенергії на тону коксу складе:

$$0,00704 \cdot 25 / 100 = 0,00176 \text{ кВт·год} \quad (2.76)$$

за ціною за 1МВт·год – 1328,03 грн, річний економічний ефект складе:

$$1,76 \cdot 1328,03 \cdot 1300000 = 3038 \text{ тис. грн.} \quad (2.77)$$

Так як при модернізації газовідвідної арматури істотно зменшиться викид шкідливих газів в атмосферу, розрахуємо економію на платі за викиди (штрафи) [22,23].

Таблиця 2.7

**Викиди шкідливих речовин в атмосферу
при видачі коксу та кількість штрафів за викиди**

Найменування речовин	Кількість викидів до заходів, т/рік	Кількість викидів після заходів, т/рік	Зниження викидів, т/рік	Нормативи збору за викиди, грн/т	Кількість штрафів до заходів, грн/рік	Кількість штрафів після аходів, грн/рік
Коксовий пил	506,50	506,50	-	4,5	4330,58	4330,58
Окиси азоту	1744,94	1134,21	610,73	80,0	265230,88	172400
Діоксид сірки	3389,83	2203,39	1186,44	80,0	515254,16	334915,2
Окис вуглецю	2658,75	1728,19	903,56	3,0	15154,88	9850,7
Аміак	303,15	197,05	106,10	15,0	8639,78	5615,9
Сірководень	31,60	20,54	11,06	257,0	15430,28	10029,7
Фенол	176,88	114,97	61,91	363,0	53024,14	34465,7
Ціанистий водень	113,60	73,84	39,76	131,0	28275,04	18378,8
Бензол	121,06	78,69	42,37	4,5	1035,06	672,8
Всього:	9046,34	6057,38	3166,22	-	906122,32	590659,4

Примітка. Джерело: розроблено з використанням [22,23]

Плата за викиди визначається за формулою:

$$\Pi = \Sigma H_6 \cdot M_{p.v} \cdot k_T \quad (2.78)$$

де Π – розмір платежів за викиди, грн.;

H_6 – базовий норматив плати за викиди в атмосферу на 1 т. забруднюючої речовини;

$M_{p.v}$ – маса річного викиду забруднюючих речовин;

k_T - коефіцієнт екологічної ситуації та екологічної значимості стану атмосферного повітря та земельних територій економічних районів України, що враховує територіальні, соціально-екологічні особливості, які залежать від кількості мешканців населеного пункту; приймаємо $k_T = 1,9$.

Розраховуємо розмір платежів за викиди після впровадження заходів щодо формули 2.78:

1) коксовий пил:

$$\Pi = 4,5 \cdot 506,50 \cdot 1,9 = 4330,58 \text{ грн};$$

2) діоксид азоту:

$$\Pi = 80 \cdot 1134,21 \cdot 1,9 = 172400 \text{ грн};$$

3) діоксид сірки:

$$\Pi = 80 \cdot 2203,39 \cdot 1,9 = 334915,2 \text{ грн};$$

4) оксид вуглецю:

$$\Pi = 3 \cdot 1728,19 \cdot 1,9 = 9850,7 \text{ грн};$$

5) аміак:

$$\Pi = 15 \cdot 197,05 \cdot 1,9 = 5615,9 \text{ грн};$$

б) сірководень:

$$\Pi = 257 \cdot 20,54 \cdot 1,9 = 10029,7 \text{ грн};$$

7) феноли:

$$\Pi = 363 \cdot 114,97 \cdot 1,9 = 34465,7 \text{ грн};$$

8) ціанистий водень:

$$\Pi = 131 \cdot 73,84 \cdot 1,9 = 18378,8 \text{ грн};$$

9) бензол:

$$\Pi = 4,5 \cdot 78,69 \cdot 1,9 = 672,8 \text{ грн.}$$

Розмір платежів за викиди, які підприємство платитиме після впровадження коритоподібного газозбірника, грн.:

$$\begin{aligned} \Pi &= 4330,58 + 172400 + 334915,2 + 9850,7 + 5615,9 + \\ &+ 10029,7 + 34465,7 + 18378,8 + 672,8 = 590659,4 \text{ грн.} \end{aligned}$$

Кількість штрафів до впровадження установки згідно звітної калькуляції коксового цеху на коксохімічному підприємстві з газозбірниками круглого перетину може складати 906122,32 грн.

Сума економічного ефекту визначається різницею існуючих штрафів до впровадження коритоподібного газозбірника та майбутніх штрафів, після впровадження газозбірника, може становити:

$$E_{\text{эф}} = 906122,32 - 590659,4 = 315462,92 \text{ грн.}$$

ВИСНОВКИ

В роботі були розглянуті основні види коксових печей. На підставі аналізу переваг та недоліків конструктивних характеристик печей було віддано перевагу системі ПВР.

Зазначено, що печі системи ПВР мають малий опір опалювальної системи, високу рівномірність обігріву коксової камери по висоті і вищу статичну міцність опалювального простінка (в порівнянні з печами, що мають збірний горизонтальний канал).

В роботі запропонована модернізація конструкції газовідвідної арматури з установкою коритоподібного газозбірника з машинної сторони з метою покращення екологічної ситуації на заводі і умов праці робітників коксохімічного виробництва.

Нова конструкція газозбірника сконструйована у вигляді корита із круглим дном і рівною поверхнею. Такий газозбірник спроектований з убудованими клапанними коробками й установлений з машинної сторони батареї, що привело до ліквідації перекидного газопроводу.

При такій конфігурації практично виключається забивання клапанів смолою і фусами, що спрощує їх експлуатацію.

Експлуатація традиційних стояків для відводу газів із печних камер коксових батарей показує, що всім їм властивий ряд істотних недоліків. Основний з них - це інтенсивні смолевуглеграфітові відкладення на внутрішній криволінійній поверхні клапанної коробки й на поверхні клапана. Відкладення смолистих речовин й «вільного вуглецю» на внутрішній поверхні стояків вимагає більших обсягів ручної праці для очищення клапанного вузла від вуглеграфітових відкладень або для повної заміни непридатних до подальшої експлуатації клапанних коробок.

Рекомендована нова конструкція стояку для відводу парогазових продуктів з коксової печі, що дозволяє усунути втрату коксового газу, що містить цінні хімічні речовини, у навколишнє середовище і виключити ручну

працю при очищенні стояку від смолувуглеграфітових відкладень, а також при заміні клапанів коробок і самих клапанів.

Використання такої технологічної схеми роботи і конструкції газовідвідного устаткування передбачає відведення газів, що утворюються при завантаженні печей шихтою, через стояк в коритоподібний газозбірник за допомогою гідроінжекції аміачною водою. При цьому конструкція стояків передбачає ефективне ущільнення кришок і розтрубів стояків, при якому повністю виключається газування в цих вузлах.

Таке рішення по газовідвідному устаткуванню має наступні переваги:

- забезпечується економія енергоресурсів (пара середнього тиску в кількості ~ 100 т/год на одну батарею) завдяки заміні пароінжекції на гідроінжекцію;
- скорочується кількість найбільш агресивних стічних фенолових вод;
- зростає ефективність бездимності до 95-97%;
- поліпшуються умови праці на верху печей.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила технічної експлуатації коксохімічних підприємств. Харків: ДП «ГИПРОКОКС», 2017. 274 с.
2. Shen Y., Hu Y., Wang M., Bao W., Chang L, Xie K. (2021). Speciation and thermal transformation of sulfur forms in high-sulfur coal and its utilization in coal-blending coking process: A review. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. 35. 70–82.
3. ТР 228-КХ-04-2008 Постійний технологічний регламент вугледготовчого цеху КХВ. 2008. 92 с.
4. ТР 228-КХ-02-2008 Постійний технологічний регламент коксового цеху КХВ. 2008. 233 с.
5. Справочник коксохіміка: в 6 т. Харків: Издательский дом «ИНЖЭК», 2010. Т. 2: Производство кокса / общ. ред. Рудыки В.И., Зингермана Ю.Е. 728 с.
6. Уловлювання летючих продуктів термічної переробки горючих копалин: конспект лекцій / уклад. К.О. Шмельцер. Кривий Ріг: ДУЕТ. 2020. 137 с.
7. Barriocanal C., Díez M.A., Alvarez M.D., Casal R. (2009). Relationship between coking pressure generated by coal blends and the composition of their primary tars. *J. Anal. Appl. Pyrolysis*. 85, 514–520. DOI:10.1016/j.jaap.2008.09.007
8. Cherkasova T., Krasulin N., Nevedrov A., Papin A., Subbotin S . (2021). Study of the swelling pressure of coals and coal charges in the coking process. *E3S Web of Conferences Clean Coal Technologies: Mining, Processing, Safety, and Ecology*. 303. (01053). DOI:10.1051/e3sconf/20213030105334
9. Kuznichenko V.M., Shulga I.V., Sytnyk O.V. Bursting pressure of coal and charge in the coking process. Kh.: Planeta-Print. 2021. 210 p.

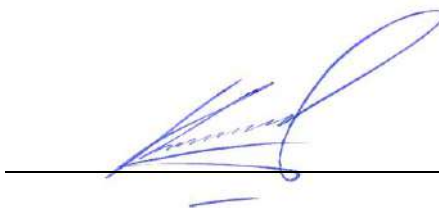
10. Борисенко А.Л. Экологические проблемы коксохимических предприятий и пути их решения. *Углекимический журнал*. 2005. № 3 – 4. С.55 – 59.
11. Mukina N.V., Chernousova O.P., Kuznichenko V.M., Sytnyk A.V. (2016). Experience of Implementation of the Laboratory Installation for Determination of the Bursting Pressure of Coal and Blends at the Coke Plant of PJSC “ArcelorMittal Kryvyi Rih”. *J. Coal Chem.* 3-4, 3-10.
12. Sciazko M., Mertas B., Stepien L., David A., Foti C. (2020). Kinetic modelling of coking coal fluidity development. *J. Therm. Anal. Calorim.* 142. 977–990. DOI:10.1007/s10973-020-09487-0
13. Белянська О. Р., Нагорний Ю. С., Кришень І. Г. Технологія вуглецевих матеріалів: конспект лекцій. Кам’янське: ДДТУ 2019. 28 с.
14. Справочник коксохимика: в 6 т. Харьков: Издательский дом «ИНЖЭК», 2009. Т. 3: Улавливание и переработка химических продуктов коксования / общ. ред. Ковалева Е.Т. 432 с.
15. Ковалев Е. Т., Дроздник И. Д. Основные направления исследований института в области разработки угольной сырьевой базы для коксохимических предприятий Украины. *ВуглеХімічний журнал*. 2020. №3. С. 8 – 15.
16. Бежин В.И., Дариенко Е.В., Непомнящий Л.И. новые технические решения в проектах реконструкции коксовых батарей на Авдеевском коксохимзаводе. Опыт работы коксовой батареи №1. *Coke and Chemistry*. 2001. №1.
17. Непомнящий И.Л., Дариенко Е.В., Бежин В.И. Механическое оборудование и металлоконструкции коксовых батарей. Донецк: УНИТЕХ. 2011. 366 с.
18. Lyalyuk V. P., Shmeltser Ye. O., Lyakhova I. A., Kassim D. A. Changes in the petrographic composition of coal batch on crushing. *Coke and Chemistry*. 2017. Vol. 60, No 2. P. 55– 58.

19. Улавливание химических продуктов коксования (часть 2) / А.Ф. Гребенюк, В.И. Коробчанский, Г.А. Власов, С.И. Кауфман // Донецк: Восточный издательский дом, 2002. – 208 с.
20. Ткачёв В.С., Остапенко М.А. Оборудование коксохимических заводов. Москва: «Металлургия». 1983. 359 с.
21. Мукіна Н. В., Черноусова О. П., Мірошніченко Д. В., Десна Н. А., Ситник О. В., Коваль В. В. Підготовка вугільної шихти до коксування в умовах комплексу коксових батарей № 5, 6 КХВ ПАТ «АРСЕЛОРМІТТАЛ КРИВИЙ РІГ» *ВуглеХімічний журнал*. 2021. №3. С. 8 – 20.
22. Мищенко И. М. Черная металлургия и охрана окружающей среды: навчальний посібник. Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2012. 150 с
23. Тищук В. Ю. Вплив коксохімічних процесів на забруднення повітря робочих зон і розробка засобів його очищення і покращення умов праці. *Збірник наукових праць НГУ*. Дніпро. 2017. № 51. С. 226 – 232.

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

Я, Ковшар Кирило Віталійович, студент II курсу, групи ХТ-23м 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.

10.01.2025



К. Ковшар

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

**ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ
 МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ**

Здобувача Ковшара Кирила Віталійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи ХТ-23-м

Тема кваліфікаційної роботи магістра

Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури
 коксових батарей

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	<u>76 ;</u>
таблиць	<u>9 ;</u>
схем і рисунків	<u>15 ;</u>
листів графічної частини(демонстраційного матеріалу)	<u>- .</u>

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи магістра

Кваліфікаційна робота присвячена вдосконаленню
 контруктивних характеристик газовідвідної арматури для вдосконалення
 процесу евакуації летких продуктів, поліпшення умов експлуатації коксових
 батарей та екологічної ситуації в коксових цехах.

В випускній кваліфікаційній роботі магістра досліджено основні техно-
 логічні аспекти експлуатації коксових печей типу з використанням газовідвідної
 арматури різних типів (газозбірники круглого та коритоподібного перерізу).

В кваліфікаційній роботі запропоновано запропонована модернізація
 газовідвідної арматури коксової батареї, суть якої полягає у застосуванні
 нової конструкції газозбірника коритоподібного типу та стояків.

Зазначена реконструкція призведе до зменшення кількості викидів
 шкідливих речовин в атмосферу, в результаті повного усунення виділення
 коксового газу через нещільність кришок стояків і розтрубних з'єднань
 клапанних коробок, а також до зниження витрати енергетичних витрат:
 електроенергії, які можна охарактеризувати за допомогою зменшення
 витрати електроенергії за рахунок зменшення маси газовідвідного
 устаткування на верху батареї на 30-40%, що обумовить скорочення
 споживаної електроенергії приблизно на 25 %.

Недоліки кваліфікаційної магістерської роботи

Допущено неточності в розрахунках, використовувались застарілі джерела.

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

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

Здобувач Ковшар К.В. під час написання кваліфікаційної магістерської роботи 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 економічно обґрунтованими.

Можливість використання кваліфікаційної магістерської роботи

Розроблені рішення та рекомендації по вдосконаленню конструктивних характеристик газовідвідної апаратури можуть бути використані в умовах коксового цеху КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Оцінка кваліфікаційної магістерської роботи 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)

« 15 » січня 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 магістра

(бакалавра, магістра)

Здобувача Ковшара Кирила Віталійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи

Тема кваліфікаційної роботи магістра

(бакалавра, магістра)

Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури
 коксових батарей

Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи магістра

(бакалавра, магістра)

Вибір та обґрунтування коксових печей типу ПВР з установкою коритоподібного
 газозбірника з машинної сторони

Переваги кваліфікаційної роботи магістра

(бакалавра, магістра)

Проаналізовані конструктивні особливості відвідної арматури коксових батарей,
 визначені основні проблеми та екологічні аспекти використання газозбірників
 круглого перетину. Наведено технічно та економічно обґрунтовані рекомендації щодо
 впровадження коритоподібного газозбірника.

Недоліки кваліфікаційної роботи магістра

(бакалавра, магістра)

Недостатньо проаналізовано досвід сучасних коксохімічних підприємств, на яких
 експлуатуються коксові батареї з коритоподібним газозбірником.

Також для літературного огляду необхідно використовувати більш сучасні джерела.

Рекомендації: робота може бути рекомендована до захисту.

Рецензент

Песма Наташа Анатоліївна

(прізвище, ім'я та по-батькові)

доцент, к.т.м., доцент

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Песма

(підпис)

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку здобувача-випускника

Ковшара Кирила Віталійовича

(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Хімічних технологій та інженерії



Спеціальність 161 Хімічних технологій та інженерії

Назва кваліфікаційної роботи Кваліфікаційна магістерська робота

Тема кваліфікаційної роботи Модернізація конструктивних характеристик газовідвідної апаратури коксових батарей

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

Оцінки по розділах роботи

№ з/п	Найменування розділу проекту (роботи)	Консультант	Зараховано / не зараховано	Дата	Підпис консульта	Примітка
1	Аналітична частина	Шмельцер К.О.	зараховано	15.01		
2	Основна частина	Шмельцер К.О.	зараховано	15.01		
3						
4						

Завідувач кафедри


(підпис)

К.О. Шмельцер

(ініціали, прізвище)

« 15 » січня 2025 р.

