

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	заочна

КВАЛІФІКАЦІЙНА БАКАЛАВРСЬКА РОБОТА

Ческідової Аліни Олексіївни

на тему Вдосконалення технології кінцевого охолодження
коксового газу при впровадженні деціанізації
циркулюючої води

за матеріалами КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

науковий
керівник

к.т.н.



Шмельцер К.О.


(підпис)

Робота допущена до захисту в ЕК

Протокол засідання кафедри

від 13.06.2025 р. № 16

Завідувач кафедри



(підпис)

к.т.н., доцент

К.О. Шмельцер

ДУЕТ – 2025

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Хімічних технологій та інженерії

Завідувач кафедри _____
(підпис)

доцент, к.т.н.
 Шмельцер К.О.
(посада, вчене звання, прізвище-ініціали)
 20 23 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ческідової Аліни Олексіївни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи бакалавра Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при впровадженні деціанізації циркулюючої води

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу №239-ст від «4» квітня 2025 р.

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи до кафедри 01.06.2024

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

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


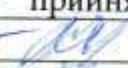


4.1 Аналітична частина: фізико-хімічні основи процесу кінцевого охолодження коксового газу, аналіз технологічних схем та варіантів апаратурного оформлення, впливу на навколишнє середовище. Конструктивні особливості технологічного устаткування. Оптимальні параметри ведення процесу охолодження та варіанти вдосконалення роботи вузла кінцевого охолодження

4.2 Основна частина: вибір та обґрунтування технологічної схеми кінцевого охолодження із закритим водним циклом. Дослідження практичних, екологічних аспектів експлуатації установки в умовах КХВ «АМКР». Розробка комплексних технічних рішень для підвищення ефективності роботи установки кінцевого охолодження та деціанізації оборотної води. Розрахунок і технологічного устаткування.

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

Завданням графічний матеріал не передбачений

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1.	Аналітична частина	12.05.25	
2.	Основна частина	26.05.25	
3.	Оформлення пояснювальної записки	30.05.25	
4.	Подання роботи до кафедри	02.06.2025	
5.	Захист роботи в ЕК	19.06.2025	

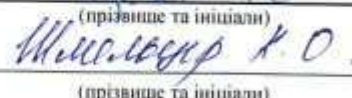
Здобувач


(підпис)

 А.О.
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи


(підпис)

 Шмельцер К.О.
(прізвище та ініціали)

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

АНОТАЦІЯ

Ческідова А.О. Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при впровадженні деціанізації циркулюючої води – Рукопис.

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

Кваліфікаційна робота присвячена вивченню впливу компонентного складу вугільної шихти та кінцевої температури процесу коксування на питомий опір коксу.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі встановлено, що досвід експлуатації кінцевого охолодження коксового газу із закритим водним циклом на коксохімічних заводах України підтверджує ефективність цієї схеми з погляду вирішення проблеми шкідливих викидів.

Зроблено висновок, що відсутність належного інтересу до впровадження схеми кінцевого охолодження із закритим водним циклом пояснюється збільшенням концентрації ціаністого водню в газі, що призводить до посилення корозії устаткування в бензольному відділенні, погіршення якості поглинаючого мастила, збільшення витрати соди і кількості рідких відходів у цеху сіркоочищення.

Проаналізовано різні способи вилучення ціаністого водню з оборотної води КГХ для усунення зазначених негативних наслідків, зокрема за допомогою сірчаноокислого заліза, формальдегіду та інших реагентів або шляхом віддування зворотним коксовим газом, доменним газом або водяною парою під вакуумом.

В роботі запропоновано комплексний підхід щодо впровадження технологічних рішень для підвищення ефективності роботи установки кінцевого охолодження: освіження циркулюючої води на аміачній колоні, впровадження рішень щодо промивки гарячим поглинальним маслом теплообмінників та пропарки міжтрубного простору кінцевого газового

холодильника, підвищення ефективності екстракції нафталіну смолою в процесі експлуатації дозволить підвищити ефективність охолодження газу, стабілізувати роботу БХУ та цеху сіркоочистки.

Ключові слова: закритий цикл, викиди в атмосферу, кінцевий газовий холодильник, оборотна вода циклу, ціаністий водень.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	9
1.1 Особливості термічної переробки вугілля. Складання вугільних шихт з урахуванням виходів хімічних продуктів коксування	9
1.2 Основи технології кінцевого охолодження коксового газу із застосуванням різної газової та теплообмінної апаратури	13
1.3 Варіанти технічних рішень по деціанізації води оборотного циклу	25
1.4 Висновки до аналітичної частини	27
2 ОСНОВНА ЧАСТИНА	29
2.1 Вибір та обґрунтування технологічної схеми кінцевого охолодження коксового газу з закриттям водного циклу	29
2.2 Конструктивні особливості та експлуатаційна характеристика устаткування відділення кінцевого охолодження	30
2.3 Умови введення технологічного процесу закриття циклу кінцевого охолодження	35
2.4 Шляхи оптимізації та підвищення екологічної безпеки технології кінцевого охолодження із закриттям циклу	36
2.5 Розрахунок кінцевого газового холодильника	47
2.6 Висновки до основної частини	55
ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	59

ВСТУП

Традиційна технологія кінцевого охолодження коксового газу з відкритим циклом передбачає безпосередній контакт коксового газу з циркулюючою водою, яка потім охолоджується на градирні.

Під час охолодження забрудненої води в атмосферу виділяються абсорбовані з коксового газу аміак, сірководень, ціанистий водень, бензолні вуглеводні, нафталін, феноли тощо.

Для запобігання викидам у навколишнє середовище на багатьох підприємствах передбачено закриття циклу кінцевого охолодження коксового газу або шляхом ліквідації градирні циркулюючої води та охолодження води в високоефективному теплообмінному обладнанні, або використання кінцевого газового холодильника непрямої дії.

Технічне рішення щодо закриття циклу кінцевого охолодження коксового газу виключає з експлуатації найбільше джерело викидів забруднювальних речовин цеху уловлювання.

Однак при цьому виникає ціла низка негативних явищ у технологічних процесах охолодження й очищення газу, тому що відбувається перерозподіл хімічних речовин, що десорбувалися раніше на градирні, у циркулюючу воду, поглинаючи оливу і стічні води цеху вловлювання і сіркоочищення.

Отже, реалізація технічних рішень щодо деціанізації циркулюючої води є актуальною задачею, вирішення якої дозволить оптимізувати роботу не тільки бензолно-скрубного відділення та цеху сіркоочистки, а й коксохімічного виробництва в цілому.

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Особливості термічної переробки вугілля. Складання вугільних шихт з урахуванням виходів хімічних продуктів коксування

Під час поступового нагрівання вугільної шихти в печах без доступу повітря до 500-600 °С (режим напівкоксування) відбувається виділення з вугілля первинних продуктів розкладання у вигляді парів і газів. При цьому спочатку випаровується волога шихти, потім вугілля починає розм'якшуватися, плавитися і знову твердне. При подальшому нагріванні (високотемпературне коксування) первинні продукти розкладання вугілля, що виділилися в камерах печей, під дією температур 1000-1100 °С зазнають низку подальших перетворень, утворюючи вторинні продукти розкладання вугілля, які є типовими для цього процесу.

Підвищення виходів хімічних продуктів коксування є однією з важливих задач коксохімічної промисловості. Практичний вихід хімічних продуктів коксування залежить як від технології їх уловлювання, так і від природи вихідного вугілля, від фізичного стану вугілля, яке завантажується в коксову піч (вологість, крупність помелу), способу завантаження, температурного режиму коксування.

Головними факторами, які визначають швидкість реакцій термічних перетворень органічних сполук вугілля та утворення хімічних продуктів, є температурні умови та час перебування реагуючих речовин в зоні цих температур.

Вплив температурного фактору визначається температурами коксування вугільних шихт та в підсводному просторі. В підсводному просторі леткі продукти підлягають додатковому піролізу у випадку більш низьких температур у вугільному завантаженні та порівняно більш високих – у підсводному просторі.

При високих температурах коксування утворюються високопіролізовані хімічні продукти, та низькі температури в підсводному просторі мало впливають на їх вихід та склад.

Високі температури підсводного простору можуть різко змінити вихід та якість хімічних продуктів (переважно погіршити їх).

В промислових умовах збільшення розмірів підсводного простору пов'язано зі зменшенням завантаження шихти в печі, що призводить до підвищення температури підсводного простору (внаслідок зменшення кількості тепла, яке поступає на нагрівання шихти) та зменшення кількості летких продуктів, які виділяються в підсводний простір, що у свою чергу збільшує час їх перебування в зоні реакцій при більш високій температурі.

Таким чином, на вихід та якість хімічних продуктів коксування впливає температура (швидкість) коксування, а також температура та величина підсводного простору. Вдосконалення теплотехнічного режиму та деяке зниження швидкості (температур) коксування здійснює позитивний вплив не тільки на вихід та якість продуктів коксування, а і на якість коксу.

При складанні вугільних шихт для коксування необхідно виходити з того, що при всіх інших рівних умовах основним фактором, який визначає вихід хімічних продуктів коксування, є природа вихідної вугільної сировини.

Так, встановлено беззаперечний вплив мацерального складу та петрографічних характеристик. Найбільш високі виходи бензольних вуглеводнів та кам'яновугільної смоли фіксуються для мікрокомпонентів групи липтиніту, а низький – з мікрокомпонентів групи інертиніту. Вихід хімічних продуктів коксування з мікрокомпонентів групи вітриніту займає проміжне положення, але наближається до виходу з мікрокомпонентів групи липтиніту. Встановлено також, що з підвищенням ступеню метаморфізму гумусового вугілля вихід хімічних продуктів зменшується.

В органічній масі малометаморфізованого вугілля підвищена кількість кисню призводить до утворення більшої кількості пірогенетичної вологи,

вуглекислого та чадного газів (CO_2 та CO), внаслідок чого знижується загальна кількість цінних хімічних продуктів.

Деяке малометаморфізоване довгополуменеве газове вугілля, незважаючи на високий вихід летких речовин, характеризується більш низьким виходом цінних хімічних продуктів, ніж газове вугілля, тобто більшу частину летких речовин такої сировини складає вода та двоокис вуглецю, тобто малоцінні продукти.

Також необхідно враховувати, що слабоспільне пісне та піснувате спільне вугілля характеризується дуже низькими виходами хімічних продуктів коксування. Зазначене вугілля приймає участь в утворенні летких продуктів в процесі коксування, але їх роль в утворенні хімічних продуктів мінімальна.

Все це показує, що при виборі вугілля для коксування з урахуванням необхідності отримання цінних хімічних продуктів та газу не можна обмежуватися тільки показниками виходу летких речовин; необхідно також використовувати дані прямого визначення виходу хімічних продуктів в лабораторних умовах.

За масою серед продуктів коксування коксовий газ (КГ) посідає друге місце після коксу і перше серед летких продуктів.

Технологія уловлювання та переробки хімічних продуктів коксування полягає в охолодженні та обробці великого об'єму насиченого парами води токсичного і вибухонебезпечного КГ, що перебуває під тиском, який незначно відрізняється від атмосферного (рисунк 1.1).

Відсмоктування і транспортування КГ здійснюються відцентровими газодувними машинами (ГДМ), що працюють або від електроприводів, або від парових турбін.

Відділення обробки КГ є великими споживачами технічної води, що витрачається в основному на охолодження через стінку:

- КГ у первинних газових холодильниках (ПГХ);

- води брудного оборотного циклу кінцевого охолодження КГ (ГОЦ КГХ);
- потоків циркулюючих розчинів і конденсацію парів у цехах уловлювання аміаку, сіркоціаноочищення та уловлювання бензольних вуглеводнів.



Рис.1.1. Послідовність технологічних операцій обробки коксового газу

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [2]

Уявлення про кількість тепла, що відводиться при охолодженні КГ тепла дають втрати води, що випаровується в атмосферу під час охолодження її в градирнях. Влітку вони вищі й перебувають у межах 0,42-0,55 м³/т коксу, а взимку нижчі - 0,30-0,39 м³/т коксу, що становить до 1,5 % (об.) від

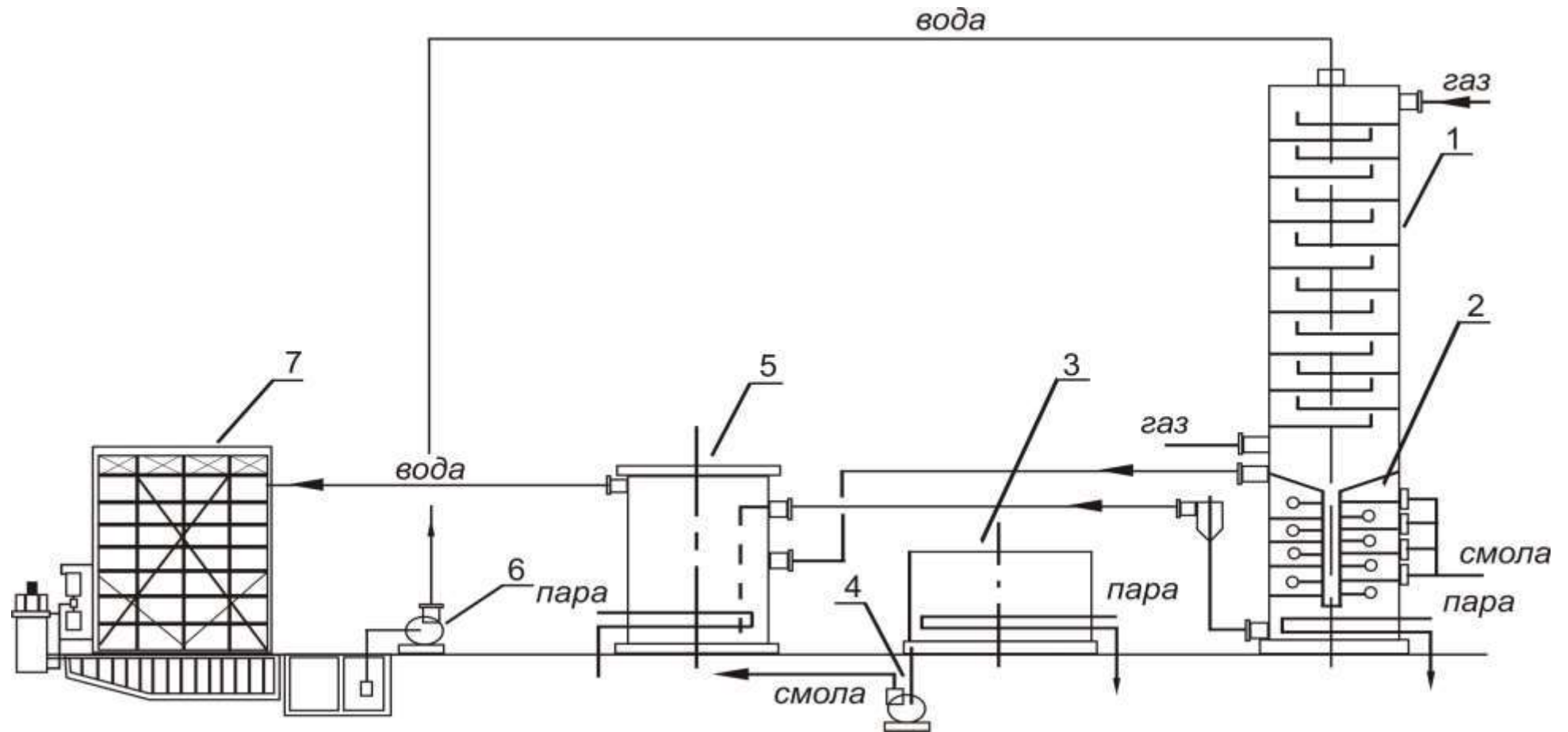
кількості охолоджувальної води, що циркулює в оборотному циклі водопостачання. Крім цього, близько 0,10-0,13 м³ води на 1 т коксу втрачається у вигляді бризок (краплиннесення) у градирнях і ще 0,05 м³/т виводиться з циклу оборотного водопостачання для запобігання накопиченню солей в оборотній воді.

1.2 Основи технології кінцевого охолодження коксового газу із застосуванням різної газової та теплообмінної апаратури

Неодмінною умовою ефективної абсорбції бензольних вуглеводнів із коксового газу є низька температура процесу. Згідно з правилами технічної експлуатації (ПТЕ) [1] температура газу після кінцевих газових холодильників перед бензольними скруберами має бути в літній період не вищою за 30 °С, узимку - у разі роботи скрубєрів на кам'яновугільній оливі - не нижчою за 20 °С.

Для зниження температури коксового газу після сульфатного відділення від 50-55 °С до 20-30 °С набули поширення схеми кінцевого охолодження коксового газу з відкритим водним циклом (рисунок 1.2), які передбачають безпосередній контакт газу з охолоджувальною оборотною водою в полчастих або насадкових скрубєрах.

При цьому поряд із теплообміном відбувається і масообмін, у результаті чого вода абсорбує ціанистий водень, сірководень, бензольні вуглеводні, феноли [2]. Під час охолодження оборотної води на градирнях більша частина цих компонентів десорбується, спричиняючи корозію металоконструкцій і забруднюючи навколишнє середовище (схема представлена на рис.1.3). Нагріта в технологічному процесі вода магістральними трубопроводами надходить до градирні.

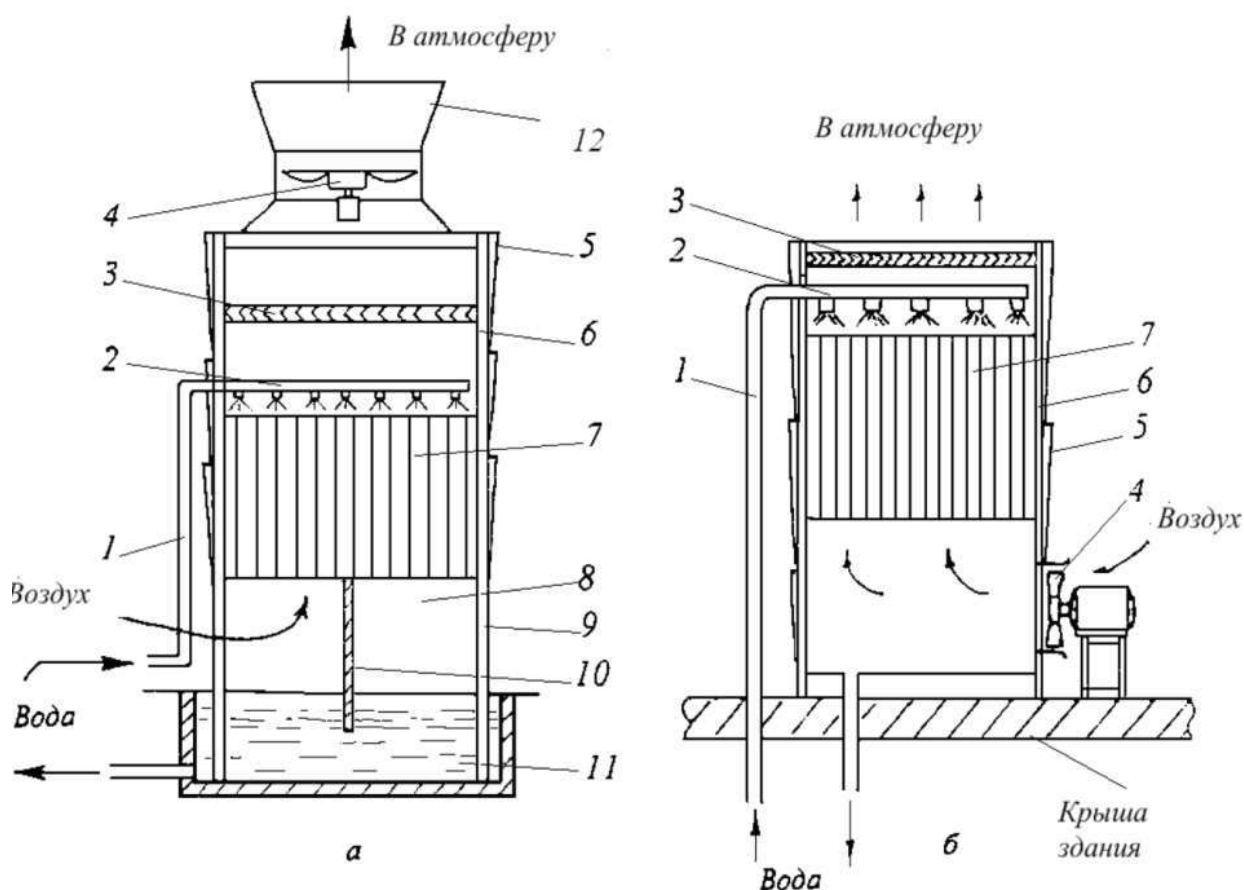


1-холодильник; 2-промивач; 3-збірник; 4-насос для смоли; 5-відстійник; 6- насос для води; 7-градирня

Рис.1.2. Схема кінцевого охолодження газу з екстрагуванням нафталіну з води смолою

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [2]

Далі вона по підвідній трубі 1 піднімається до водорозподільної системи 2, що складається з колектора і розподільних труб, на яких закріплені форсунки. Через форсунки вода розпилюється на зрошувач 7 і стікає по його поверхні. Через входні вікна 9 вентилятор 4 всмоктує атмосферне повітря, яке піднімається вгору каналами в зрошувачі й охолоджує воду, що стікає по поверхні зрошувача. Охолоджена вода стікає в басейн 11, а тепле повітря через дифузор вентилятором виводиться в атмосферу зі швидкістю 5-7 м/с. Потік піднімається до 25 м у висоту, таким чином, виключається рециркуляція (вторинне потрапляння) теплого вологого повітря у входні вікна градирні.



1-підвідний трубопровід, 2-водорозподільвальна система,
 3-краплевловлювач, 4-вентилятор, 5-обшивка, 6-корпус, 7-зрошувач,
 8-повітрянорозподільний простір, 9-вікна для входу повітря, 10-вітрова
 перегородка, 11-басейн, 12-дифузор

Рис.1.3. Схема та принцип дії градирні

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [3]

Дифузор призначений для поліпшення аеродинамічних характеристик повітряного потоку на виході з градирні та захисту лопатей вентилятора градирні від зовнішніх фізичних впливів. Повітря, що піднімається забирає із собою дрібні краплі вологи.

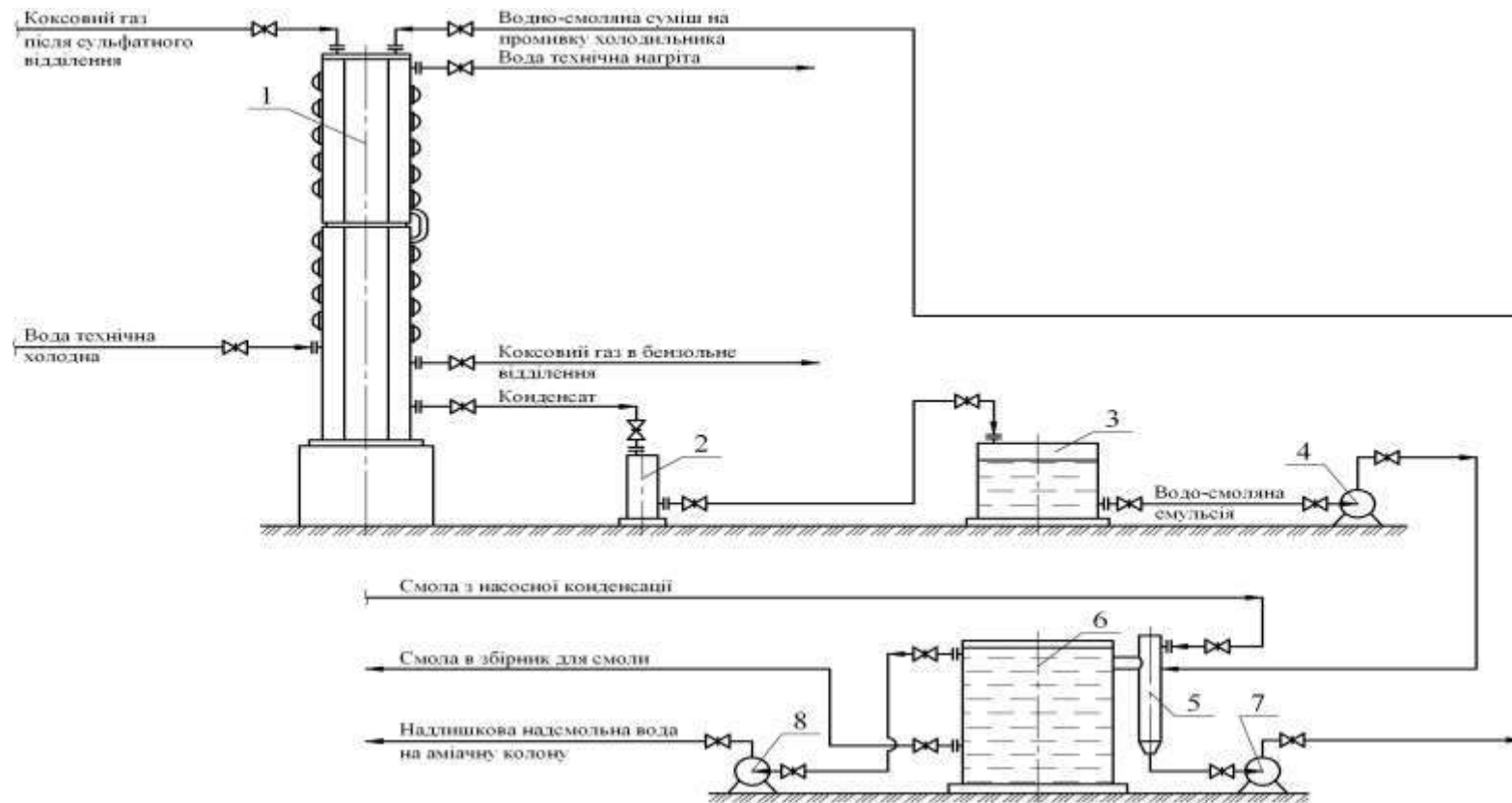
Природно, що при експлуатації подібних установок значна частина шкідливих речовин викидається в атмосферу. По даним досліджень, що були проведені на деяких коксохімічних заводах, градирні кінцевого охолодження коксового газу є найбільш крупними джерелами шкідливих атмосферних викидів в цехах уловлювання хімічних продуктів. На 1 т валового коксу викиди складають, г:

Нафталін	210
Ціаністий водень	180
Сірководень	60
Бензол	250
Аміак	30
Фенолів	30

Тому в зв'язку з посиленням вимог екології на нових заводах, та на заводах, що реконструюються, передбачаються схеми кінцевого охолодження коксового газу з закриттям водного циклу.

Для вирішення цієї проблеми існують два варіанти:

- закриття циклу за рахунок виключення контакту коксового газу з оборотною водою, тобто здійснювати охолодження в холодильниках непрямої дії шляхом теплообміну через розділові стінки;
- закриття водного циклу оборотної води кінцевого газового холодильника безпосередньої дії, тобто охолодження її в кожухотрубчастих, пластинчастих або спіральних теплообмінниках.



1 – кінцевий холодильник; 2 – конденсаторіввідвідник; 3 – збірник конденсату газу та водно-смоляної суміші; 4 – насос для конденсату газу та водно-смоляної суміші; 5 – змішувач; 6 – відстійник води від смоли; 7 – насос для подачі водно-смоляної суміші на промивку холодильника; 8 – насос для подачі надлишкової надсмоляної води на аміачну колону

Рис. 1.4. Технологічна схема кінцевого охолодження коксового газу в холодильнику з горизонтальними трубами

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [2]

Простішим і ефективнішим вирішенням проблеми забруднення атмосфери у відділенні кінцевого охолодження коксового газу видається застосування газових холодильників непрямої дії. Під час вибору конструкції газового холодильника необхідно враховувати, що коксовий газ після сульфатного відділення має порівняно низький вологовміст, і тому коефіцієнт тепловіддачі від нього визначається ступенем турбулізації газового потоку. У цих умовах висока інтенсивність теплообміну може бути забезпечена в кожухотрубчастих теплообмінниках за поперечного омивання труб газовим потоком.

Позитивний досвід експлуатації установок кінцевого охолодження коксового газу із закритим водним циклом є на Алтайському, Макіївському, у Запорізькому, Харківському коксохімічному заводах [3].

Кінцеве охолодження коксового газу в холодильниках непрямої дії (з горизонтальною трубчаткою) реалізовано на КХП ВАТ «МК Азовсталь» (ВАТ «Маркохім») [4]. До складу закритого циклу входять: чотири кінцеві газові холодильники з горизонтальними трубами з поверхнею охолодження 2900 м²; два збірники водно-смоляної емульсії об'ємом 50 м³; насоси. Охолодження коксового газу здійснюється оборотною технічною водою. Технічна вода проходить трубами, коксовий газ - міжтрубним простором, за схемою, представленою на рисунку 1.4.

Досвід роботи по такій схемі показав, що склад оборотної води кінцевого газового холодильника по вмісту аміаку, сірководню, ціанідів, роданідів, фенолів після контакту з поглинальним маслом практично не змінюється. Відсутність в ній смолянистих речовин сприятливо позначається на роботі градирні, а завдяки низькому вмісту роданидів в ній помітно знижується інтенсивність корозії обладнання.

Застосування газових холодильників з горизонтальним розташуванням труб забезпечує оптимальний температурний режим і очищення газу від нафталіну, згідно з нормами ПТЕ, не призводить до накопичення в поглинаючому маслі баластних солей і суттєво зменшує кількість викидів в

атмосферу. До недоліків можна віднести підвищену витрату води (у 2,5 рази порівняно з холодильниками безпосередньої дії) [4], високу металоємність, знач. При закритті циклу кінцевого охолодження коксового газу з використанням трубчастих газових холодильників з горизонтальним розташуванням труб забезпечується необхідний температурний режим і очищення газу від нафталіну до норм, передбачених ПТЕ. При уловлюванні бензолівих вугле-воднів відсутнє накопичення баластних солей в поглинальному маслі. Але широкого застосування такі холодильники не отримали із-за великої витрати води (порівняно з холодильниками безпосередньої дії), високої металоємності, складності конструкції та незручності його обслуговування.

Однак широкого застосування такі холодильники не набули через громіздкість, складність конструкції та незручність обслуговування. Застосування для кінцевого охолодження коксового газу холодильників «Гіпрококсу» з горизонтальними трубами видається найменш раціональним, оскільки в них не вдається забезпечити ефективний гідродинамічний режим руху газу і рідини. За навантаження на один холодильник, що дорівнює 40000 $\text{nm}^3/\text{год}$ коксового газу, і розрахункової витрати води, яка відповідає зміні її температури на 10 °С, швидкість води в трубах становитиме близько 0,17 м/с. Це сприятиме прискореному накопиченню в них твердих відкладень, а 4-5 кратне збільшення витрати води буде пов'язане з невиправданим збільшенням експлуатаційних витрат. Недоліками холодильників конструкції «Гіпрококсу» є також недоступність труб для чищення і ремонтів, значні висота і вага апаратів, що ускладнює їхній монтаж і обслуговування.

Усунення цих недоліків може бути забезпечено у разі використання для охолодження газу стандартних кожухотрубчастих теплообмінників, які встановлюють горизонтально один над одним і з'єднують між собою послідовно патрубками для води і газу. У таких секціях газ рухається

міжтрубним простором теплообмінників згори вниз, а охолоджувальна вода трубами від низу до верху.

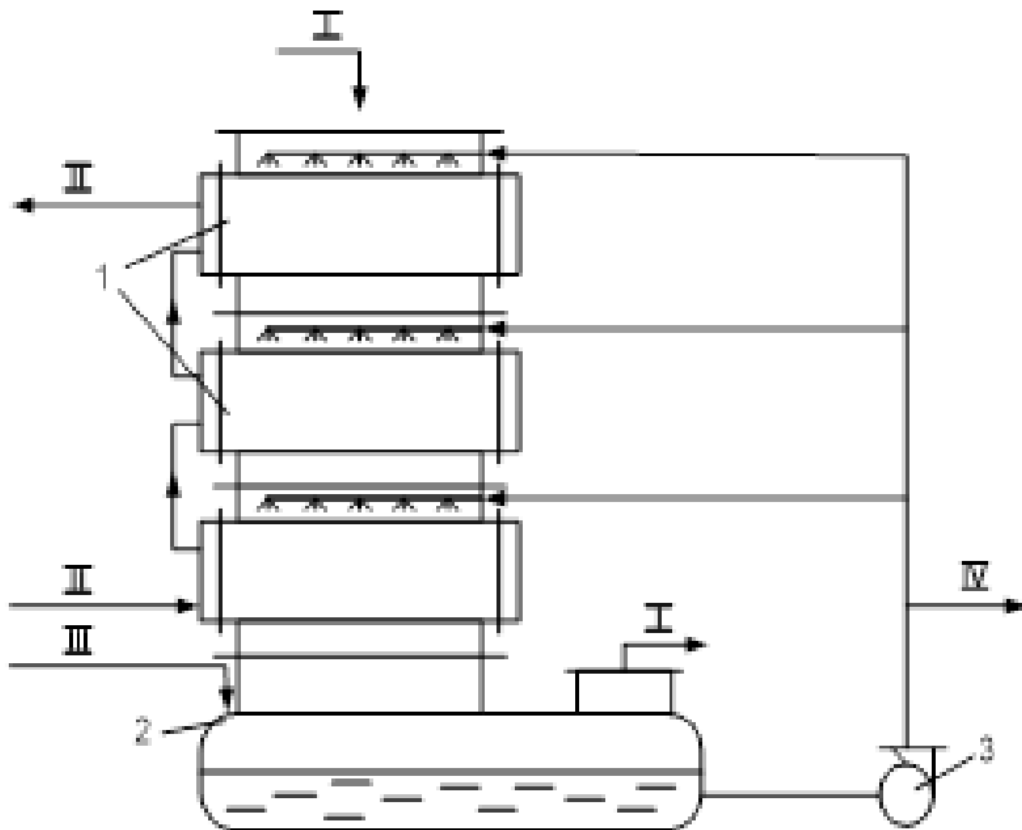
Вибираючи відповідні діаметр і довжину теплообмінників, а також число ходів у трубному просторі, можна забезпечити активний гідродинамічний режим руху теплоносіїв і високу інтенсивність теплообміну між ними. Число секцій, що працюють паралельно, визначається витратою газу. Таке компонування теплообмінників дає змогу підтримувати оптимальний режим охолодження газу в разі коливань його витрати, а також забезпечує можливість вимкнути будь-яку секцію в разі необхідності ремонту або чищення.

Схема кінцевого охолодження коксового газу в кожухотрубчастих теплообмінниках наведена на рисунку 1.5.

Коксовий газ, що надходить із сульфатного відділення за температури 50-55 °С, проходить попередньо через міжтрубний простір теплообмінників 1, трубами яких подається технічна вода з градирні. Конденсат, що утворюється в теплообмінниках, стікає в збірник-сепаратор 2, а охолоджений до 30-35 °С газ прямує в бензольні скрубери.

Для видалення відкладень нафталіну міжтрубний простір зрошується водосмоляною емульсією, що подається зі збірника-сепаратора насосом 3. У міру насичення нафталіном частина емульсії відводиться в механізований освітлювач цеху уловлювання, а відповідна кількість свіжої смоли подається в збірник-сепаратор 2.

Перевагою цієї схеми є простота апаратурного оформлення, а також зручність монтажу та обслуговування завдяки невеликій висоті установки (не більш як 10 м) порівняно з кінцевими газовими холодильниками безпосередньої дії (35-37 м) і холодильниками з горизонтальними трубами (20-25 м). Завдяки прямому теплообміну між коксовим газом і технічною водою виключаються витрати електроенергії на циркуляцію проміжного теплоносія - оборотної води КГХ у схемах із закритим водним циклом.



- 1 – кожухотрубчасті теплообмінники;
 2 – збірник-сепаратор; 3 – насос водосмоляної емульсії,
 I – коксовий газ; II – технічна вода; III – смола з цеху уловлювання;
 IV – водосмоляна емульсія в механізований освітлювач

Рис.1.5. Схема кінцевого охолодження коксового газу в кожухотрубчастих теплообмінниках

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [4]

Завдяки поперечному омиванню труб газом зі швидкістю близько 9 м/с у міжтрубному просторі забезпечується коефіцієнт теплопередачі близько 285 Вт/м²·град, а загальний коефіцієнт теплопередачі в холодильниках досягає 185 Вт/м²·град.

У кожухотрубчастих холодильниках досягається сприятливий режим руху фаз у трубному і міжтрубному просторах і, отже, найвища інтенсивність теплообміну.

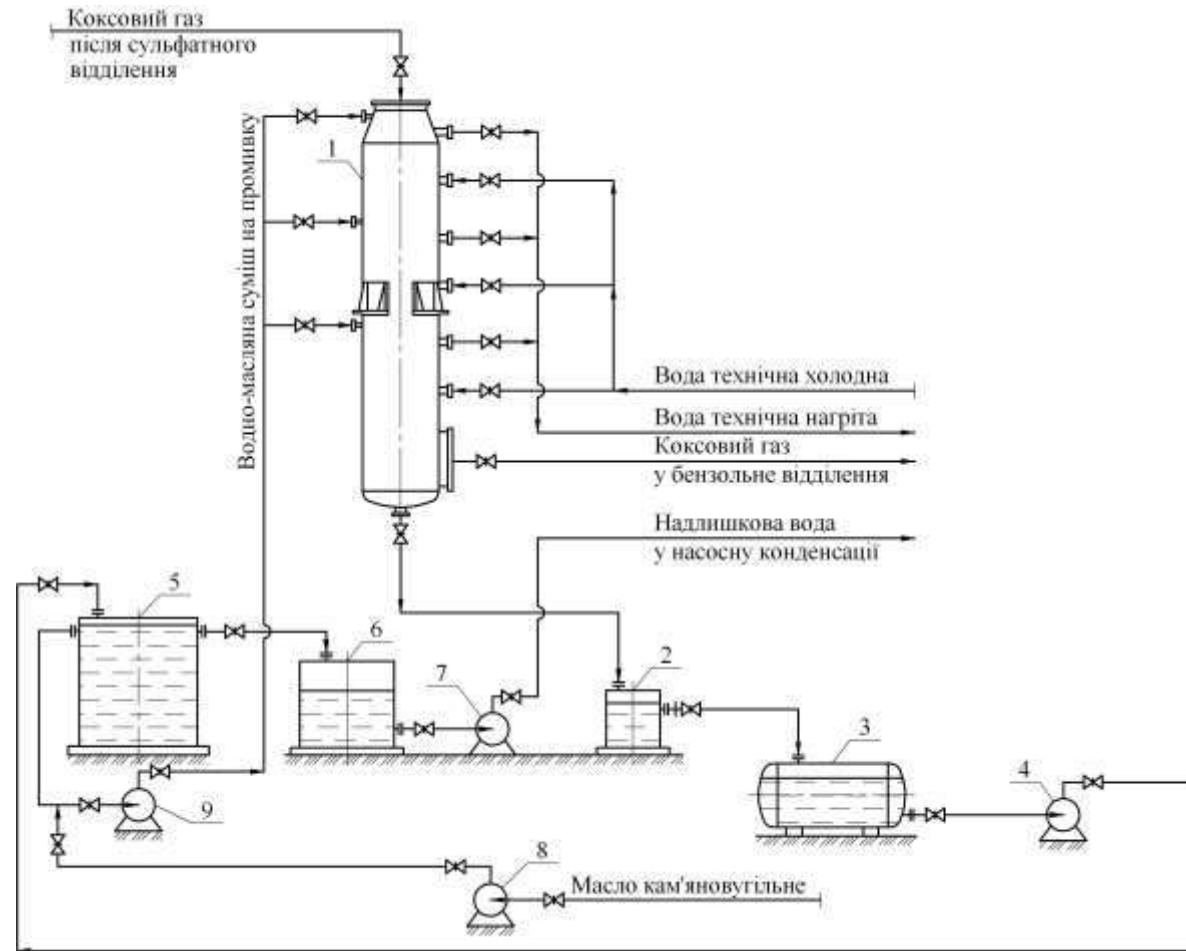
Також останнім часом на коксохімічних підприємствах впроваджуються спіральні (пластинчаті) холодильники (рисунку 1.6). Охолодження коксового газу перед уловлюванням бензолу здійснюється в холодильнику конструкції фірми Альфа Лаваль. Коксовий газ надходить у верхню частину кінцевого спірального триступеневого теплообмінника (холодильника), послідовно проходить перший, другий і третій ступінь з виходом з нижньої частини апарату (третій ступінь), охолоджуючись при цьому до температури, оптимальної для вловлювання бензольних вуглеводнів (не більш як 32°C). Газовий конденсат, що утворився під час охолодження коксового газу в КГХ, відводиться в збірник водосмоляної емульсії (ВСЕ).

Для промивання газового простору холодильника від нафталіну періодично подається водосмоляна емульсія. Насичена нафталіном емульсія з холодильника надходить у збірник і передається у відділення конденсації.

Після кінцевих газових холодильників охолоджений коксовий газ надходить у бензольні скрубери, де відбувається вловлювання бензольних вуглеводнів із газу поглинальним кам'яновугільним маслом. Характерною рисою цього устаткування є високий коефіцієнт теплопередачі, компактність конструкції і ні капітальні витрати на будівництво та ремонти, відсутність безпосереднього контакту газу з охолоджувальною водою [5]. Тому використання холодильників спірального типу великої одиничної потужності в установках кінцевого охолодження коксового газу представляється дуже перспективним [6-8].

Уперше кінцевий газовий холодильник спірального типу застосований Авдієвським коксохімічним заводом.

Але недоліком даного типу холодильника є те, що для стійкої та ефективної роботи холодильника необхідна спеціально підготовлена вода. До оборотної води пред'являються жорсткі вимоги по вмісту солей жорсткості, що в свою чергу потребує проведення процесу водопідготовки.



- 1 – кінцевий холодильник; 2 – конденсатовідвідник; 3 – збірник конденсату; 4 – насоси для конденсату; 5 – відстійник води від масла; 6 – збірник води; 7 – насос для надлишкової води; 8 – насос подачі масла кам'яновугільного; 9 – насос подачі водно-масляної суміші на промивку

Рис. 1.6. Технологічна схема кінцевого охолодження з холодильником спірального типу

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [4]

Істотною проблемою під час кінцевого охолодження із закритим водним циклом є збільшення концентрації ціаністого водню в коксовому газі, що спричинене перерозподілом хімічних речовин, які десорбувалися раніше на градирні, у циркулюючу воду, поглинаючу оливу. У результаті це призводить до посилення корозії обладнання в бензольному відділенні, погіршення якості поглинаючого мастила, збільшення витрат соди в цеху сіркоочистки.

Збільшення концентрації ціаністого водню під час закриття водного циклу в газі можна уникнути, змінивши наявну схему уловлювання хімічних продуктів коксування. Так, у разі розміщення сіркоочищення після первинних газових холодильників або сульфатного відділення цієї проблеми не виникає, тому що ефективність вакуум-карбонатного сіркоочищення вельми слабкою мірою залежить від температури процесу (в інтервалі 35-50 °С). При цьому коксовий газ із сульфатного відділення надходить в абсорбери для очищення від сірководню без проміжного охолодження. Нафталін, що поглинається при цьому, може бути практично повністю виведений з циклу у відстійниках «барометричного» конденсату, що утворюється під час охолодження регенераторного газу в конденсаторах-холодильниках. Така схема застосовується в цеху сіркоочищення №2 Авдіївського КХЗ [7].

Для успішної експлуатації закритих циклів кінцевого охолодження коксового газу на підприємствах, що мають у своєму складі сіркоочищення, розташоване після бензольного відділення, необхідною умовою є вилучення ціаністого водню з оборотної води кінцевого газового холодильника.

Існує безліч рішень, що ґрунтуються на видаленні з оборотної води циклу кінцевого газового холодильника ціаністого водню шляхом десорбції інертним газом чи водяною парою або шляхом зв'язування ціанід-іонів реагентами (сірчанокислим залізом, формальдегідом).

До недоліків схеми кінцевого охолодження коксового газу із закритим водним циклом також слід віднести необхідність встановлення додаткового

обладнання - водяних теплообмінників і насосів для подачі технічної води, а також пов'язане з цим збільшення витрат електроенергії. Крім того, наявність проміжного теплоносія між коксовим газом і технічною водою (оборотної води КГХ) зумовлює втрату температурного напору і підвищення температури охолодженого газу на 3-5 °С.

1.3 Варіанти технічних рішень по деціанізації води оборотного циклу

В умовах закриття циклу кінцевого охолодження коксового газу в останньому підвищується концентрація ціаністого водню, що призводить до посиленої корозії обладнання в бензолному відділенні та погіршенню якості поглинального масла.

Для усунення цих негативних наслідків запропоновані наступні способи витягання ціаністого водню з оборотної води КГХ :

1 Десорбція ціаністого водню інертними газами. На одному з коксохімічних заводів був випробуваний метод деціанізації води перед подачею її на градирні шляхом віддувки доменним газом, який використовується для опалювання коксових печей. На експериментальній установці було досягнуто зниження вмісту ціаністого водню у воді на 45-72% при температурі води 30-50°C і питомій її витраті 5,6-11,2 на 1 м³ газу. За орієнтовними оцінками, для очищення оборотної води кінцевого газового холодильника цим методом знадобиться установка спеціального скрубера таких же розмірів, як і газовий холодильник. Подібна технологія деціанізації води з використанням зворотного коксового газу була розроблена Гипрококсом спільно з ДП «УХІН» для одного із заводів України. Із-за низької ефективності і значних витрат цей метод не може вважатися перспективним.

2 Десорбція водяною парою під вакуумом. Метод полягає у випаровуванні частини оборотної води, нагрітої до 50-60°C в насадному

апараті при залишковому тиску 10 кПа, що створюється вакуумними насосами ежекторного типу. Для забезпечення необхідного ступеня випаровування води передбачається використовувати вторинні джерела тепла, наявні в достатній кількості на коксохімічних підприємствах. Спосіб деціанізації води циклу кінцевих газових холодильників найбільш прийнятний для підприємств з вакуум-карбонатним сіркоочищенням, що мають мокрий каталіз, який забезпечує утилізацію газу, що містить ціанід спільно з регенераторним газом. За відсутності подібної сіркоочистки питання вимагає окремого розгляду у напрямі каталітичного спалювання газів або отримання на їх основі товарних продуктів.

3 Метод формальдегідної ціаноочистки оборотної води кінцевих газових холодильників («Формекс-ціан»). Цей метод заснований на зв'язуванні ціаністого водню, поглиненого з газу водою, формальдегідом по реакції:



Продукт, що утворюється - нітрил гліколевої кислоти (гліконітрил) - є нелеткою сполукою, добре розчинною у воді.

За цією технологією формальдегід подається безпосередньо у воду циклу КГХ у вигляді 35%-го розчину формаліну, а продукт, що утворюється, виводиться з циклу з надміром води на біохімічне очищення або упарювання з подальшою подачею концентрованого розчину в шихту для коксування.

Дослідженнями в лабораторних і виробничих умовах встановлено, що при молярному відношенні формальдегіду до ціанід-іонів, рівному або меншому одиниці кінцевим продуктом реакції є тільки гліконітрил. При температурі 30-50°C і рН=6,5-12 міра зв'язування ціанід-іонів при початковому вмісті їх у воді 300 г/м³ і часу реакції 15-20 хвилин складала від 97,3 до 99,6%. Феноли, аміак і сірководень при звичайних концентраціях в оборотній воді не вступають у взаємодію з формальдегідом.

Слід зазначити, що при очищенні формальдегідом води в КГХ з використанням кам'яновугільної смоли для екстракції нафталіну утворюється стійка водо-смоляна емульсія, що пояснюється наявністю у воді гліконітрилу. Тому щоб використовувати цей метод необхідно замінити кам'яновугільну смолу ксилолом або сольвентом [1].

1.4 Висновки до аналітичної частини

1. Недоліком класичної технології кінцевого охолодження коксового газу з відкритим водним циклом є те, що при контакті з газом вода насичується ціаністим воднем, сірководнем, нафталіном, бензолними вуглеводнями та іншими шкідливими компонентами, велика частина яких при охолодженні води в градирні виділяються в атмосферу. Визначено, що при такому охолодженні оборотної води циклу на градирнях призводить до десорбції хімічних компонентів в атмосферне повітря, що забруднює навколишнє середовище.

2. Аналіз цієї проблеми показує, що можливі два шляхи її вирішення:

- закриття циклу оборотної води кінцевого газового холодильника (КГХ), тобто охолодження її не в градирні, а в кожухотрубних, пластинчастих або спіральних теплообмінниках технічною водою;

- охолодження коксового газу технічною водою в холодильниках непрямої дії, що виключають безпосередній контакт газу та охолоджуючої води і дає можливість охолоджувати її на градирнях, при цьому не підвищується концентрація ціаністого водню в коксовому газі та забезпечується необхідний температурний режим охолодження газу.

3. Закриття циклу призводить до накопичення в оборотній воді ціанідів, ціанідів та інших солей, що викликають корозію устаткування. Вирішенням цієї проблеми можуть бути деціанізація за допомогою десорбції ціаністого водню інертними газами; десорбції водяною парою під вакуумом або методу

формальдегідної ціаноочистки оборотної води кінцевих газових холодильників («Формекс-ціан»).

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Вибір та обґрунтування технологічної схеми кінцевого охолодження коксового газу з закриттям водного циклу

Для модернізації цехів уловлювання з метою закриття водного циклу кінцевого охолодження коксового газу без зупинки технологічного процесу більш доцільним є варіант, який передбачає установку додаткового теплообмінного обладнання, в результаті чого ліквідується велике джерело викидів шкідливих речовин в атмосферу - градирня циркулюючої води [6].

Така схема (рисунок 2.1) реалізована за проектом Гіпрококсу на КХП ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» і передбачає використання спіральних самоочисних теплообмінників фірми «Alfa Laval» [5] для охолодження оборотної води, холодильників безпосередньої дії з нафталіновими промивачами в нижній частині.

Згідно запропонованої схеми коксовий газ після сульфатного відділення з температурою не більше 60°C поступає в кінцеві газові холодильники, де охолоджується циркулюючою водою до температури 20-30°C.

Охолоджена циркулююча вода подається у верхню частину кінцевих газових холодильників і, стікаючи вниз назустріч коксовому газу, що піднімається, охолоджує його і вимиває з нього нафталін.

Вода з газової частини поступає в нижню частину кінцевих газових холодильників - нафталінові промивачі, куди через трубопровід переливання безперервно подається гаряча кам'яновугільна смола, що екстрагує з води нафталін.

Циркулююча вода після нафталінових промивачів паралельно двома потоками самопливно поступає в два нафталінові відстійники, де звільняється додатково від смоли. Після відстійників вода самопливно двома потоками спрямовується в два резервуари нагрітої циркулюючої води

місткістю 80 м³ кожен. Зі збірників вода насосами подається на охолодження в спіральні теплообмінники «Альфа Лаваль». Для установки кінцевого охолодження розрахованої на два газових потоки по 100000 м³/годину та витратою води на охолодження 400-500 м³/годину для кожного потоку, встановлюється по два робочих теплообмінника на один потік та один резервний на два потоки.

Охолодження води здійснюється холодною оборотною технічною водою. Температура холодної технічної води має бути не більше 26°C. Після охолодження в спіральних теплообмінниках циркулююча вода подається в кінцеві газові холодильники.

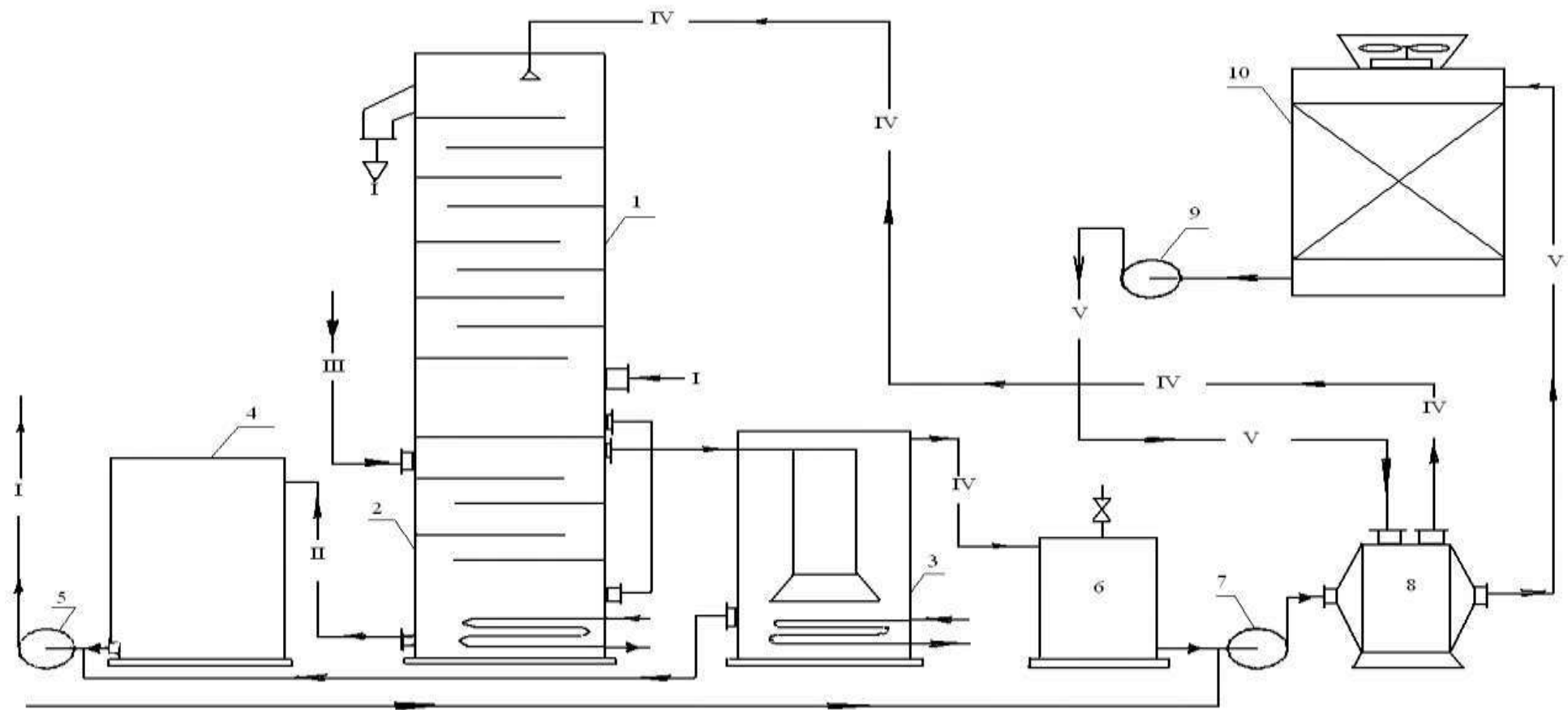
У нафталінових промивачах вилучення нафталіну з циркулюючої води здійснюється смолою.

Циркулююча вода після нафталінових промивачів поступає в нафталінові відстійники. Із-за неповного відстою води від смоли у відстійниках частина смоли відноситься далі з водою. Смола може відкладатися в спіральних теплообмінниках у вигляді смолянистих відкладень і підвищувати опір проходження циркулюючої води. Тому при тиску циркулюючої води перед теплообмінниками більше 8 кг/см² потрібно промивання теплообмінників.

Промивання спіралі теплообмінників, де проходить циркулююча вода, здійснюється гарячим поглинальним маслом, або нагрітою циркулюючою водою в теплообміннику. Підігрівання поглинального масла або води в теплообміннику здійснюється паром до температури від 70°C до 80°C[6].

2.2 Конструктивні особливості та експлуатаційна характеристика устаткування відділення кінцевого охолодження

На підставі огляду конструктивних особливостей устаткування в запропонованій схемі передбачається використання кінцевого газового холодильника, який обладнано полками.



1 - кінцевий газовий холодильник; 2 - нафталіновий промивач; 3 - відстійник води; 4 - збірник смоли; 5 - насос смоли; 6 - промисловий збірник; 7 - насос; 8 - теплообмінник Альфа Лаваль; 9 - насос; 10 - градирня; I - коксовий газ; II - смола на склад; III - смола з відділення конденсації; IV - оборотна вода; V - вода технічна

Рис. 2.1. Технологічна схема кінцевого охолодження коксового газу з закриттям циклу

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [5]

Кінцевий газовий холодильник є вертикальним циліндричним апаратом, що складається з двох частин, що мають різне технологічне призначення.

У верхній частині відбувається охолодження коксового газу водою, що поступає з теплообмінника. Одночасно з охолодженням газу і конденсацією водяної пари, що міститься в ній, відбувається також вимивання нафталіну. Нижня частина холодильника - екстракційна; в ній відбувається виділення нафталіну з води шляхом промивання її гарячою (75-80°C) кам'яновугільною смолою, яка є хорошим розчинником нафталіну. Нижня частина холодильника ще називається нафталінопромивачем.

На рисунку 2.2 представлений кінцевий газовий холодильник поличного типу. Цей тип холодильника широко застосовується на коксохімічних заводах. У газовій частині цього холодильника встановлені сегментні полиці з отворами 3-5 мм. До сегментних вирізів приварено планки, призначені для підтримки на полицях певного рівня рідини. Сегментні вирізи чергуються в діаметрально протилежних напрямках. Охолоджувальна вода подається на дві верхні полиці і, протікаючи через отвори полиць, рухається зверху вниз. Коксовий газ рухається між полицями від низу до верху і охолоджується при контакті з водою.

У нижній екстракційній частині апарату встановлені перфоровані полиці, призначені для інтенсифікації контакту між водою і смолою. Перетікання води з охолоджувальної частини холодильника в екстракційну здійснюється по центральній розташованій трубі, яка кріпиться до конічного днища та розділяє охолоджувальну та екстракційну частини. Гаряча смола для промивання води подається через штуцери, на полиці, а також в центральну трубу, що запобігає її забиванню нафталіном.

Вода і смола в екстракційній частині рухаються протитечією - смола зверху вниз, а вода - знизу до верху. Смола, насичена нафталіном виводиться в нижній частині днища, а вода, промита від нафталіну, видаляється через верхню частину нафталінопромивача.

Для зниження у воді концентрації солей, що призводять до підвищеної корозії апаратів бензолowego відділення, в нафталінопромивач подається вода з сепараторів бензолного відділення.

Використання холодильника поличного типу покращує процес охолодження коксового газу та очищення його від сублімованого нафталіну. Знижує металоємність обладнання та капітальні витрати при монтажі.

В якості теплообмінного обладнання в запропонованій схемі пропонується використовувати спіральні теплообмінники фірми «Альфа Лаваль».

Спіральний теплообмінник представляє собою вузол, що складається з двох довгих плоских стрічок, звернутих таким чином, що утворюються два концентричні спіральні канали. Зазвичай кромки каналів, що чергуються, з'єднуються так, що середовища протікають по неперервним герметичним каналам. На кожній стороні спірального вузла є кришки.

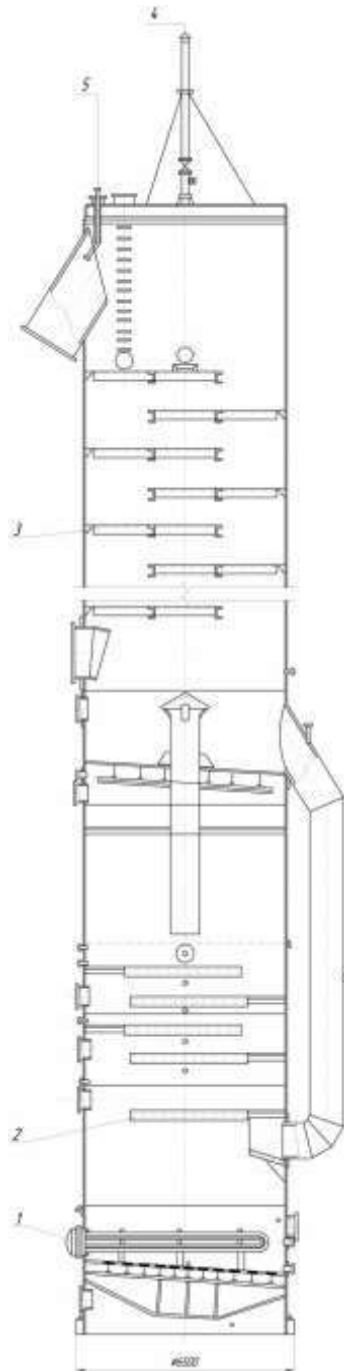
До зовнішніх кінців кожного каналу приварені колектори, до яких під'єднують сопла, які знаходяться на протилежних кінцях каналів. Обидва канали відшліфовані на краях для того, щоб щільно зачинялись кришками. Сопло, яке зв'язує повністю зварений канал, зварене з одним кінцем центрального отвору, кришки (одна з соплом) пригвинчені болтами з обох сторін спіралі. Коли теплообмінник змонтовано, кришки закривають канали води з обох сторін.

Стовідсоткова протитечія забезпечує максимальну тепловіддачу.

Основні переваги спірального теплообмінника фірми «Альфа Лаваль»:

- низький розхід на монтаж;
- займає невеликий простір;
- відсутність витоків між середовищами;
- відсутність обводів;
- рівномірний розподіл потоків;
- висока турбулентність;
- самоочищення;

- простота, доступність [7].



1 – підігрівач; 2 – полиця промивача; 3 – полиця робоча;
4 – повітряник Ду-200; 5 – форсунка

Рис. 2.2. Кінцевий газовий холодильник

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [5]

2.3 Умови введення технологічного процесу закриття циклу кінцевого охолодження

Перелік основного технологічного устаткування та умови ведення технологічного процесу закриття циклу кінцевого охолодження приведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Основне технологічне устаткування та умови введення технологічного процесу закриття циклу кінцевого охолодження

№ п/п	Стадія, вузли, апарати, устаткування	Найменування показників і умов процесу, одиниці вимірів.	Номінальне значення і допустимі межі їх відхилень.
1	2	3	4
1	Теплообмінник «Альфа - Лаваль»	Температура охолодженої циркулюючої води після теплообмінника, °С, не більше Температура оборотної технічної води перед теплообмінниками, °С, не більше	28 26
2	Кінцевий газовий холодильник	Кількість води, що подається на холодильник, м ³	400-600

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	Резервуар для циркулюючої води	Рівень циркулюючої води в резервуарі, % Циркулююча вода, г/дм ³ , не більше: - аміак загальний; - сірководень; - ціаністий водень; - феноли; - роданіди; - смолянистих речовин; - жорсткість, мг-екв/ дм ³	30 – 70 2,0 0,3 0,3 0,6 0,6 0,6 2,5
4	Насос АД 630-90-2	Тиск циркулюючої води на видачі насосів, кгс/см ² , не більше	10

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [5]

2.4 Шляхи оптимізації та підвищення екологічної безпеки технології кінцевого охолодження із закриттям циклу

Технічне рішення по закриттю циклу кінцевого охолодження коксового газу виключає з експлуатації найбільше джерело викидів забруднюючих речовин цеху уловлювання. Проте при цьому виникає цілий ряд негативних явищ в технологічних процесах охолодження і очищення газу, оскільки йде перерозподіли хімічних речовин, що десорбувалися раніше на градирні, в циркулюючу воду, поглинальне масло і стічні води цеху уловлювання і сіркоочистки.

По-перше, закриття циклу призводить до накопичення в оборотній воді ціанідів, ціанідів та інших солей, що викликають корозію устаткування, оскільки йде перерозподіл хімічних речовин, що десорбувалися раніше на градирні, в циркулюючу воду, поглинальне масло і стічні води цеху уловлювання і сіркоочистки. Так, в циркулюючій воді підвищується

концентрація леткого і загального аміаку, сірководню, ціанідів, що наглядно приведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Показники якості охолоджувальної води циклу кінцевого охолодження при відкритому і закритому циклі

Режим роботи кінцевого охолодження	Визначення концентрації, міліграм/дм ³										Жорсткість мг-екв/дм ³
	NH ₃	NH ₃	CNS ⁻	CN ⁻	H ₂ S	Феноли	SO ₄ ²⁻	Cl ⁻	Солі	Смол. реч.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Відкритий цикл	155	833	563	109	188	481	558	678	2097	60	3,02
Закритий цикл	433	855	461	369	294	469	370	589	1820	370	4,71

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [6-8]

З даних таблиці видно, що якість охолоджувальної води значно погіршується при закритті циклу. Це відбувається тому, що при охолодженні коксового газу утворюється надлишкова вода за рахунок конденсації водяної пари. Крім того, в циркулюючу воду спрямовуються сепараторні води відділення дистиляції бензолу.

Із закриттям циклу в поглинальному маслі збільшуються концентрації розчинних у воді речовин, що позначається на якості сепараторної води бензолового відділення, що ілюструють данні таблиці 2.3.

Таблиця 2.3

Зміна показників якості сепараторної води бензолового відділення

Режим роботи кінцевого охолодження	Визначення концентрації, мг/дм ³				
	NH ₃ леткий	NH ₃ загальний	CN ⁻	H ₂ S	SO ₄ ²⁻
1	2	3	4	5	6
Відкритий цикл	397	482	320	458	46
Закритий цикл	457	537	667	552	53

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [6,7]

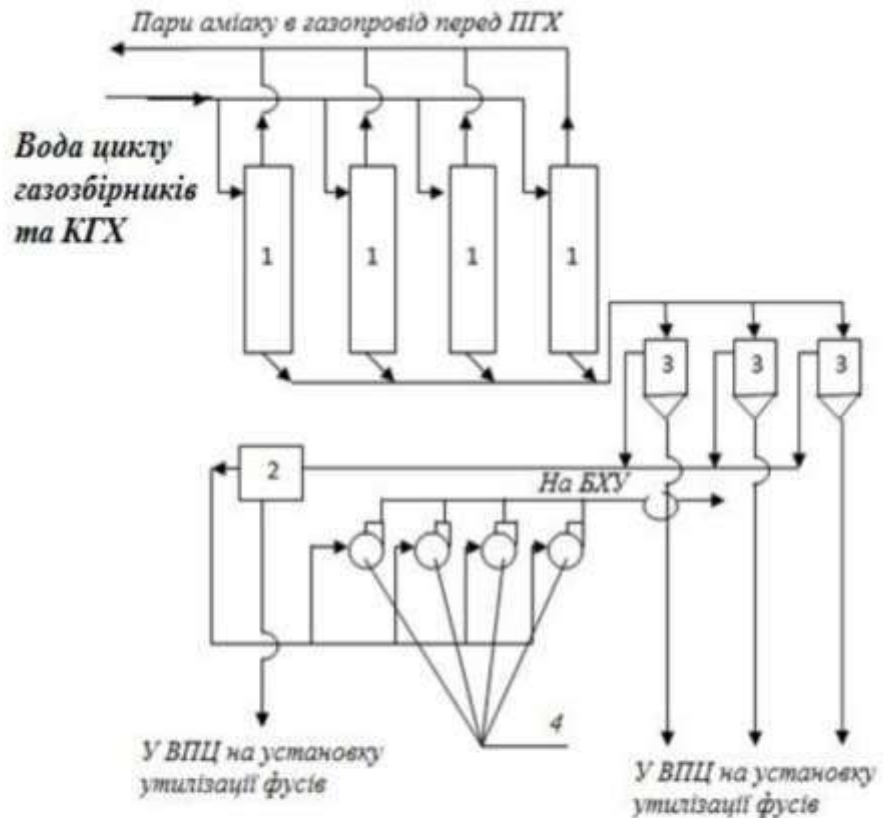
Тому для поліпшення якісних характеристик циркулюючої води кінцевого охолодження передбачено так зване продування (освіження) циклу.

Освіження циклу відбувається подачею сепараторної води з відділення дистиляції бензолу в нафталінові промивачі і 8 м³/годину - 10 м³/годину холодної технічної води в резервуари. Проте істотне погіршення якості циркулюючої води викликало необхідність збільшення кількості продувної води циклу, що призвело до дисбалансу води на БХУ і збою режиму роботи установки по очищенню стічних вод від фенолів і роданіду.

Як вже зазначалося, для вирішення проблеми деціанізації існують такі методи, як десорбція ціаністого водню інертними газами, десорбція водяною парою під вакуумом, метод формальдегідної ціаноочистки оборотної води кінцевих газових холодильників. Але із-за низької ефективності і значних витрат ці методи не можна вважати перспективними.

В умовах коксохімічного виробництва «АрселорМіттал Кривий Ріг» для оптимальної роботи відділення та поліпшення якості води оптимальним варіантом є технологія переробки води циклу кінцевого охолодження на аміачній колоні (технологічна схема аміачної установки наведена на рисунку 2.3).

Вилучення летких речовин проводиться водяною парою, а десорбовані гази передаються в газопровід коксового газу до первинних газових холодильників (ПГХ) [9].



1 – аміачні колони; 2 – збірник аміачної води;

3 – відстійники аміачної води від пеку; 4 – насоси

Рис. 2.3. Технологічна схема аміачної установки

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

До складу установки входять: аміачні колони з 12 пінно-вихровими тарілками, теплообмінники, установка по двоступінчатому відстоюванню води від смолянистих речовин та насосні агрегати.

Аміачна колона складається з двох частин: вичерпної та зміцнювальної. Вичерпна частина обладнана 12 пінно-вихровими тарілками, які змонтовані з окремих секцій. ПВТ набрані з нахильних пластин, які приварені до циліндрової обичайки на відстані приблизно 70 мм одна від іншої так, щоб кожна пластина частково перекриває суміжну в світлі, утворюючи з нею

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
30-50	98-101	0,2	704,9	69,1	66,6	17,1	114,6	78,0
			856	85,9	121,0	34,0	118,5	43,7
			860	92	154	22	93	39
			917,8	84,7	97,3	22,9	116,8	69,2

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

При введенні в експлуатацію даної аміачної установки значно покращуються показники якості циркулюючої води кінцевого охолодження, що наглядно ілюструють дані таблиці 2.4 та діаграма показників роботи аміачної колони на рисунку 2.3.

З даних таблиці видно, що при стабільній роботі аміачної установки концентрація леткого аміаку, ціаністого водню, смолянистих речовин в циркулюючій воді значно знижується, що підвищує її якість.

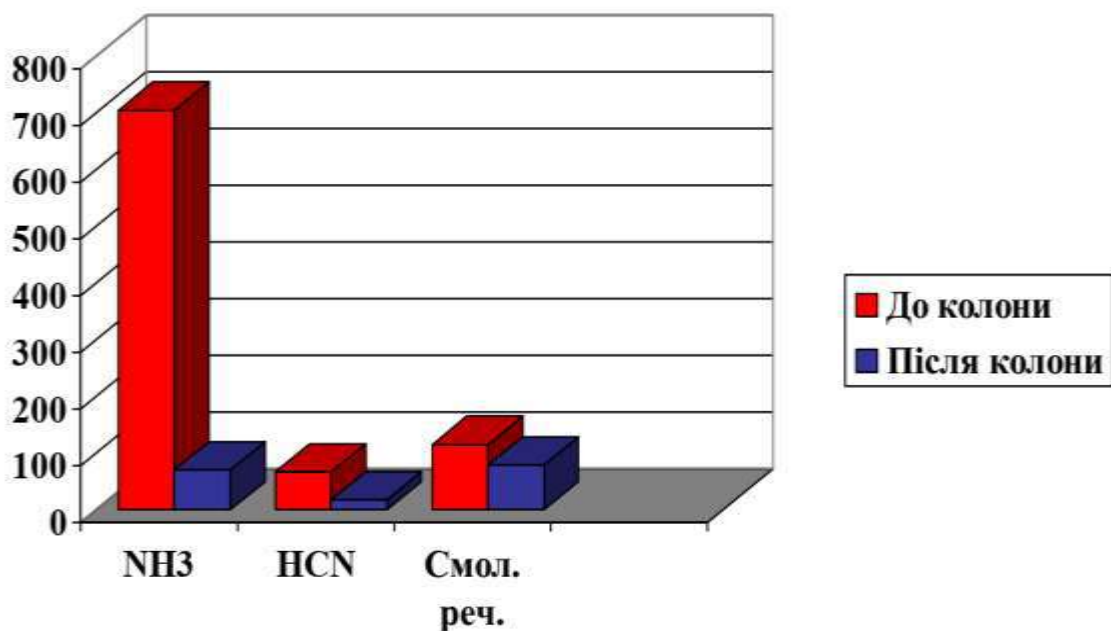


Рисунок 2.4. Діаграма показників роботи аміачної колони

Примітка. Джерело: Розроблено автором

При введенні аміачної установки якість води закритого циклу значно підвищилась за рахунок зниження концентрацій шкідливих речовин в ній, що наглядно приведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

**Показники якості води закритого циклу кінцевого охолодження
при введенні аміачної установки.**

Визначувані показники, міліграм/дм ³									
NH ₃ леткий	NH ₃ загальний	CNS ⁻	CN ⁻	H ₂ S	Феноли	SO ₄ ²⁻	солі	CL ⁻	Жорсткість мг-екв/дм ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
240	490	230	190	90	520	120	950	220	4,1

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

Таким чином при експлуатації аміачної установки для освіження води кінцевого охолодження збільшиться продування води закритого циклу до 30 м³/годину і знизиться вміст аміаку і ціаністого водню в коксовому газі після кінцевого холодильника. Це позитивно вплине на якість поглинального масла і його питому витрату на тону сирого бензолу. Стабілізується режим очищення стічних вод на БХУ. Істотно знизиться витрата соди в цеху сіркоочистки.

У зв'язку з жорсткими вимогами до свіжої технічної води на підприємстві, оборотні системи переведені практично на режим роботи без продування. Загальна жорсткість оборотної води в літній період досягла 12 мг-екв/дм³. Проектне підживлення (освіження) циклу води кінцевого охолодження оборотною технічною водою призводило до підвищеної жорсткості (до 4-5 мг-екв/дм³) і зростання загального солевмісту води. Це негативно позначилося на роботі КГХ і теплообмінної апаратури, погіршився розподіл смоли і води. Тому одним з варіантів вирішення цієї проблеми може бути запропонована заміна схеми підживлення оборотною технічною водою на схему з підживленням некондиційним паровим конденсатом, що

утворюється в хімічних цехах. Цей захід дозволить усунути усі вище перелічені негативні явища і заощадити технічну воду. Склад води циклу кінцевого охолодження в період роботи з підживленням паровим конденсатом представлений в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

**Якість води закритого циклу після заміни технічної води
конденсатом пари**

Об'єм циркулюючої води м ³ /ч	Об'єм підживлення паровим конденсатом м ³ /годину	Об'єм кокс. газу тис.м ³ /годину	Продукція на аміачній колоні м ³ /годину	Склад циркулюючої води, міліграм/дм ³										Загальна жорсткість мг-екв/дм ³
				Смолянисті речовини	NH ₃ леткий	NH ₃ загальний	HCN	H ₂ S	CNS	Феноли	SO ₄ ²⁻	Хлориди	Солі	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
900	15-20	150	20-25	295	100	170	100	70	180	230	40	100	510	0,41

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [8]

Але при експлуатації даної схеми зростає опір спіральних теплообмінників по ходу циркулюючої води, що призводить до необхідності відключення одного з теплообмінників і промивання гарячим поглинальним маслом від відкладень нафталіну і важких смолянистих речовин. Ця процедура являється досить трудомісткою, при цьому можливе погіршення якості поглинального масла, на період промивання підвищення температури циркулюючої води і відповідно коксового газу, збільшення втрати бензолу із зворотним коксовим газом.

Для вирішення проблеми може бути запропоновано замінити періодичне промивання спіралей теплообмінників гарячим маслом на

постійну подачу кам'яновугільної смоли на всмоктуванні насосу, що подає циркуляційну воду на спіральні теплообмінники. Кількість смоли, що подається - 0,2-0,3% від маси води. Гідравлічний опір КГХ після впровадження цього заходу знизиться в середньому з 150-80 мм вод.ст. Цей прийом дозволить відмовитися від зупинок устаткування для промивання і пропарювання, знизити опір спіральних теплообмінників і кінцевих газових холодильників, що дуже важливо в умовах охолодження коксового газу без резервного КГХ[7].

Ефективність закриття водного циклу наглядно видно на рисунку 2.4.

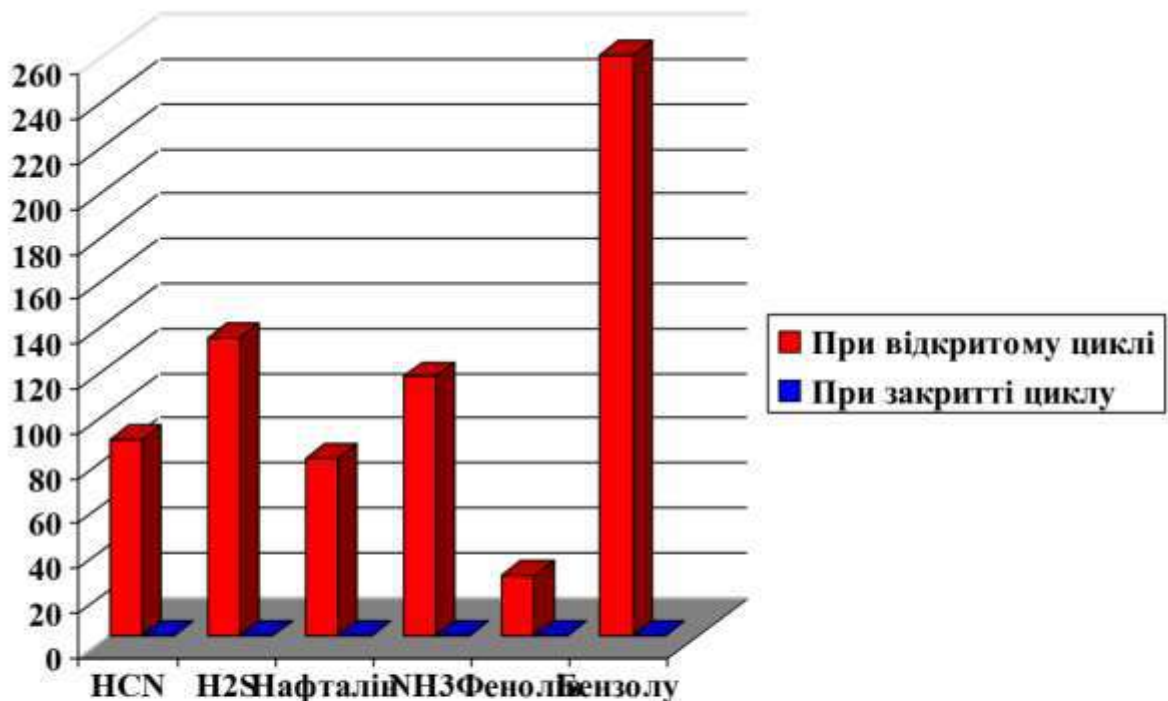


Рис. 2.4. Діаграма шкідливих викидів при відкритому та закритому циклах

Примітка. Джерело: Розроблено автором

До другої групи відносяться фактори, які впливають на ефективність екстракції нафталіну смолою. По-перше, для забезпечення ефективності необхідно підтримувати достатню кількість смоли, яка повинна складати 2-2,5 % від кількості циркулюючої води. По-друге, в роботі рекомендується подача смоли на третю полку нафталінового промивача, що підвищує ефективність її

розподілення з достатньою поверхнею контакту фаз, що обумовлює зниження забивання теплообмінної поверхні. З цією ж метою пропонується встановити додаткову форсунку та комунікації для періодичної (1 раз на тиждень) подачі смоли у відстійник води для уловлювання віднесень нафталіну (схема подачі смоли у відстійник води для уловлювання нафталіну представлена на рисунку 2.5).

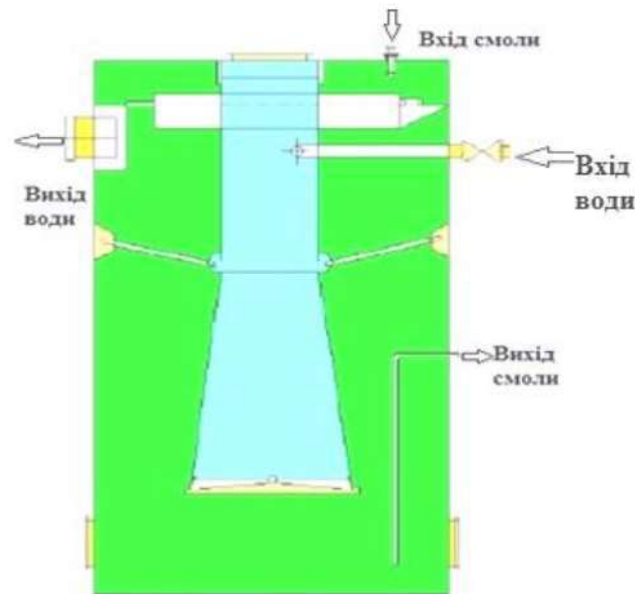


Рис. 2.5. Схема подачі смоли в контрольний відстійник для уловлювання нафталіну

Примітка. Джерело: Розроблено з використанням [9]

Третя група факторів, ускладнюючих роботу вузла кінцевого охолодження пов'язана зі зростанням гідравлічного опору теплообмінників, яке є індикатором утворення відкладень на внутрішній поверхні, що знижує ефективність теплопередачі. Це призводить до необхідності відключення одного з теплообмінників і промивання гарячим поглинальним маслом від відкладень нафталіну і важких смолянистих речовин. Ця процедура являється досить трудомісткою, при цьому можливе погіршення якості поглинального масла, на період промивання підвищення температури циркулюючої води і

відповідно коксового газу, збільшення втрати бензолу із зворотним коксовим газом.

Для вирішення проблеми може бути запропоновано замінити періодичне промивання спіралей теплообмінників гарячим маслом на постійну подачу кам'яновугільної смоли на всмоктування насоса, що подає циркуляційну воду на спіральні теплообмінники. Кількість смоли, що подається - 0,2-0,3% від маси води. Гідравлічний опір КГХ після впровадження цього заходу знизиться в середньому з 150-80 мм вод. ст. Цей прийом дозволить відмовитися від зупинок устаткування для промивання і пропарювання, знизити опір спіральних теплообмінників і кінцевих газових холодильників, що дуже важливо в умовах охолодження коксового газу без резервного КГХ [10].

В якості додаткового технологічного заходу при підвищенні гідравлічного опору кінцевого газового холодильника безпосередньої дії в роботі рекомендується пропарка газового простору при подачі пари знизу та виведенні парової суміші на свічку. Динаміка зміни гідравлічного опору до та після промивки в умовах цеху вловлювання КХВ ПАТ «АМКР» представлена на діаграмі на рисунку 2.5.

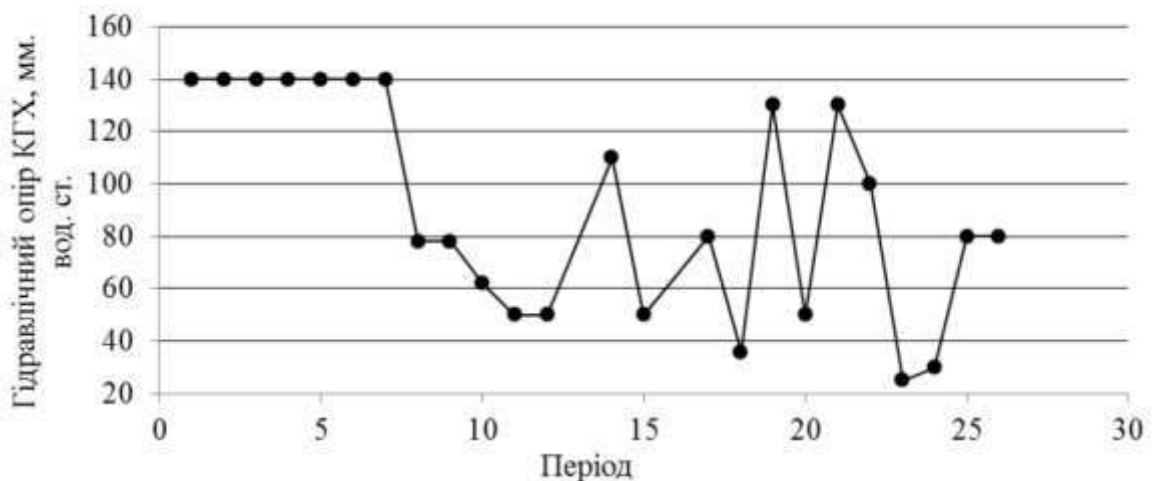


Рис. 2.6. Динаміка зміни гідравлічного опору кінцевого газового газового холодильника

Примітка. Джерело: Розроблено автором

Комплекс запропонованих в випускній роботі заходів, а саме: освіження циркулюючої води на аміачній колоні, впровадження рішень щодо промивки гарячим поглинальним маслом теплообмінників та пропарки між трубного простору кінцевого газового холодильника, підвищення ефективності екстракції нафталіну смолою в процесі експлуатації дозволить підвищити ефективність охолодження газу, поліпшити умови експлуатації теплообмінного устаткування, стабілізувати роботу БХУ та цеху сіркоочистки.

За даними екологічної служби при відкритому циклі кінцевого охолодження викиди в атмосферу з градирні складають 377,122т. Викиди в атмосферу при закритому циклі кінцевого охолодження складатимуть всього 0,037 т/рік [9].

2.5 Розрахунок кінцевого газового холодильника

Матеріальний розрахунок

У холодильник поступає коксовий газ з абсорберу сульфатного відділення з температурою 55°C і тиском 858 мм рт. ст. (після вловлювача).

Кількість та склад газу:

	кг/годину	м ³ /годину
Сухий коксовий газ	50942	111960
Водяні пари	4475	5589
Бензоліві вуглеводні	4075	1102
Сірководень	599	393
Разом	60091	119044

Приймаємо температуру газу на виході з холодильника рівної 25°C і тиск 847 мм рт. ст.

Об'єм водяної пари на виході з холодильника визначається рівнянням:

$$V_{H_2O} = V_{c.г.} \frac{p}{847 - p} \quad (2.1)$$

Пружність водяної пари при 25°C $p=23,76$ мм рт. ст.

Тоді

$$V_{H_2O} = (119044 - 5589) \frac{23,76}{847 - 23,76} = 3274 \text{ м}^3 / \text{годину}$$

чи по масі 2624 кг/годину

Таким чином, конденсується води: $4475 - 2624 = 1851$ кг/годину

Кількість газу на виході з холодильника:

	кг/годину	м ³ /годину
Сухий коксовий газ	50942	111960
Водяні пари	2624	3274
Бензолні вуглеводні	4075	1102
Сірководень	599	393
Разом	58240	116729

Тепловий розрахунок:

Прихід тепла.

1 Тепло, що вноситься коксовим газом з абсорберу:

$$Q_1 = 4073600 \text{ ккал/годину} \quad (2.2)$$

2. Тепло, що вноситься охолоджувальною водою з температурою 23°C :

$$Q_2 = 23 \text{ W}, \quad (2.3)$$

Загальний прихід тепла

$$Q_{\text{прих}} = 4073600 + 23 \text{ W}, \quad (2.4)$$

Витрата тепла.

1 Тепло, що відноситься коксовим газом з кінцевого холодильника, при температурі виходу 25°C :

а) тепло, що відноситься сухим коксовим газом:

$$q_1 = 50942 \cdot 0,7 \cdot 25 = 891485 \text{ ккал/годину} \quad (2.5)$$

б) тепло, що відноситься водяними парами:

$$q_2 = 2624 \cdot (1102 + 0,438 \cdot 25) = 2920381 \text{ ккал/годину} \quad (2.6)$$

в) тепло, що відноситься бензолівими вуглеводнями:

$$q_3 = 4075 \cdot 0,246 \cdot 25 = 25061 \text{ ккал/годину} \quad (2.7)$$

г) тепло, що відноситься сірководнем:

$$q_4 = 599 \cdot 0,238 \cdot 25 = 3564 \text{ ккал/годину} \quad (2.8)$$

Разом відноситься коксовим газом:

$$Q_3 = 3840491 \text{ ккал/годину} \quad (2.9)$$

2. Тепло, що відноситься охолоджувальною водою і конденсатом з температурою 35°C :

$$Q_4 = 35(W + 2760) \text{ ккал/годину} \quad (2.10)$$

Загальна витрата тепла :

$$Q_{\text{расх}} = 1733300 + 35W, \quad (2.11)$$

Прирівнюючи прихід і витрату тепла, отримаємо витрату води :

$$W = \frac{4073600 - 1733300}{35 - 23} = 195000 \text{ кг / годину} \quad (2.12)$$

Визначення розмірів кінцевого холодильника

Приймаємо швидкість газу у вільному перерізі полиці рівної 4,5 м/сек.

Об'єм газу на вході:

$$V_1 = 119044 \frac{273 + 55}{273} \cdot \frac{760}{858} = 126691 \text{ м}^3 / \text{годину} \quad (2.13)$$

Об'єм газу на виході:

$$V_2 = 116729 \frac{273 + 25}{273} \cdot \frac{760}{847} = 114331 \text{ м}^3 / \text{годину} \quad (2.14)$$

Середній об'єм газу:

$$V = \frac{126691 + 114331}{2} = 120511 \text{ м}^3 / \text{годину} \quad (2.15)$$

Тоді вільний переріз полиці має бути рівний:

$$S = \frac{120511}{3600 \cdot 4,5} = 7,4 \text{ м}^2 \quad (2.16)$$

При долі вільного перерізу полиці, рівною 25 %, загальний переріз холодильників буде рівний:

$$S_{\text{заг}} = \frac{4,7}{0,25} = 29,6 \text{ м}^2 \quad (2.17)$$

Звідки діаметр холодильника:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 29,6}{3,14}} = 6 \text{ м} \quad (2.18)$$

Для збереження однакої швидкості руху газу в живому перерізі полиці і між полицями переріз для проходу газу між полицями на вході має бути рівним $4,9 \text{ м}^2$. Звідси відстань між полицями.

$$h = \frac{S}{D_{\text{cp}}}, \quad (2.19)$$

де D_{cp} - середній діаметр, по якому рухається газ в горизонтальному напрямі.

$$D_{\text{cp}} = 0,7 \cdot D, \quad (2.20)$$

$$D_{\text{cp}} = 0,7 \cdot 6 = 4,2 \text{ м}$$

Тоді

$$h = \frac{7,4}{4,2} = 1,8 \text{ м}$$

Приймаємо отвори в полицях діаметром 10 мм з кроком 75 мм. Максимальний діаметр кола, на якому розташовуються отвори

$$D_0 = 0,9 D = 0,9 \cdot 6 = 5,4 \text{ м} \quad (2.21)$$

і площа

$$S_0 = \frac{3,14}{4} \cdot 5,4^2 = 22,9 \text{ м}^2 \quad (2.22)$$

Кількість струменів між полицями можна визначити по рівнянню:

$$n = \frac{S_0}{t} = \frac{22,9}{0,075^2} = 4071 \text{ шт.} \quad (2.23)$$

де t - крок між отворами в полицях, м.

Поверхня струменів між двома полицями буде рівна

$$f = \pi d h n = 3,14 \cdot 0,01 \cdot 1,8 \cdot 4071 = 230 \text{ м}^2 \quad (2.24)$$

Коефіцієнт теплопередачі при безпосередньому контакті газу і води визначається по рівнянню Жаворонкова :

$$Ki = C_0 Re^{0,76} Pr^{0,33} \quad (2.25)$$

де Ki - критерій Кирпичева :

$$Ki = \frac{Kd}{\lambda}, \quad (2.26)$$

Критерій Рейнольдса

$$Re_z = 1000 \frac{vd\rho}{Z}, \quad (2.27)$$

де ρ - щільність коксового газу при середній температурі

$$\rho = \frac{58240 + 60091}{2 \cdot 120511} = 0,491 \text{ кг / м}^3 \quad (2.28)$$

v - середня швидкість газу в холодильнику, рівна 4,5м/сек; Z - в'язкість коксового газу при середній температурі, $Z=0,0134$ спз; d_e - еквівалентний діаметр вільного перерізу полиці

$$d = \frac{4S}{P}, \quad (2.29)$$

P - периметр вільного перерізу полиці.

Оскільки

$$S=0,25S_{заг},$$

а периметр вільного перерізу полиці рівний

$$P=2,09D, \quad (2.30)$$

Тоді

$$d = \frac{4 \cdot 0,296 \cdot D^2}{2,09 \cdot D} = 0,567D$$

$$d_s = 0,567 \cdot 6 = 3,402 \text{ м}$$

Тоді

$$Re_e = 1000 \frac{4,5 \cdot 3,402 \cdot 0,491}{0,0134} = 560949$$

Коефіцієнт C_0 визначається по щільності зрошування. Так як кількість води, що поступає на охолодження дорівнює $195 \text{ м}^3/\text{годину}$, то щільність зрошування розраховується:

$$U = \frac{W}{S_{\text{заг}}} = \frac{195}{29,6} = 7,0 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{годину}) \quad (2.31)$$

При такій щільності зрошування $C_0 = 0,225$

Критерій Прандтля

$$\text{Pr}_2 = 3,6 \frac{CZ}{\lambda} \quad (2.32)$$

При середній теплоємності коксового газу $C = 0,7 \text{ ккал}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ і коефіцієнті теплопровідності $\lambda = 0,11 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{годину} \cdot \text{град})$

$$\text{Pr}_2 = 3,6 \frac{0,7 \cdot 0,0134}{0,11} = 0,307$$

Тоді критерій Кірпічова:

$$K_i = 0,225 \cdot 560949^{0,76} \cdot 0,307^{0,33} = 3564$$

і коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{K_i \lambda}{d_s} = 3564 \frac{0,11}{3,402} = 115 \quad (2.33)$$

Середня логарифмічна різниця температур в теплопередачі рівна

$$\Delta t_{cp} = \frac{20-2}{2,31g \frac{20}{2}} = 7,8 \text{ град} \quad (2.34)$$

Необхідна поверхня теплопередачі

$$F = \frac{2340300}{7,8 \cdot 115} = 2609 \text{ м}^2$$

Оскільки поверхня струменів між полицями дорівнює 230 м^2 , то в холодильнику необхідно мати $\frac{2609}{230} = 11$ полиць. При відстані між полицями $1,8 \text{ м}$ висота газової частини дорівнює $11 \cdot 1,8 = 20 \text{ м}$.

Нижню частину холодильника, для промивання води смолою, приймаємо висотою 12 м , що складається з 8 полиць. Тоді загальна висота усього холодильника з урахуванням висоти 4 м , необхідної для двох газових штуцерів, буде дорівнювати:

$$H = 20 + 12 + 4 = 36 \text{ м}$$

2.6 Висновки до основної частини

Завдання кінцевого охолодження коксового газу - зниження його температури після процесу стиснення газу і уловлювання аміаку з метою проведення найбільш повного вилучення бензольних вуглеводнів. Вузол кінцевого охолодження газу повинен забезпечити відведення і видалення сконденсованих парів, вимивання з газу хімічних компонентів та сублімованого нафталіну, які погіршують якість поглинального масла.

Ефективне функціонування вузла кінцевого охолодження повинно забезпечуватись комплексом заходів по дотриманню необхідного технологічного режиму роботи відділення конденсації, аміачних колон, водопідготовки, градирен оборотної води.

Аналіз особливостей апаратурного оформлення, екологічних та практичних аспектів технологічної схеми кінцевого охолодження із закриттям водного циклу показав наступне:

1. Під час закриття циклу кінцевого охолодження коксового газу забезпечуються необхідний температурний режим і очищення газу від нафталіну згідно з ПТЕ.

2. Впровадження закритого циклу кінцевого охолодження коксового газу ліквідує основне джерело викидів забруднювальних речовин в атмосферу цеху уловлювання.

4 Мінімізація негативних чинників закриття циклу КГХ можлива при комплексному впровадженні заходів, які унеможливають накопичення агресивних компонентів у циркулюючій воді закритого циклу, а також при технологічній обробці продувної води перед подачею на БХУ та за ефективного використання поверхонь теплообмінного обладнання.

ВИСНОВКИ

В роботі вивчено основи технології кінцевого охолодження коксового газу, особливості та конструктивні характеристики технологічного газового, теплообмінного устаткування, параметри ведення процесу та його екологічні аспекти.

Встановлено, що досвід експлуатації КГХ із закритим водним циклом на коксохімічних заводах України підтверджує ефективність цієї схеми з погляду вирішення проблеми шкідливих викидів.

Зазначено, що певні труднощі в роботі виникають через накопичення смолистих речовин і нафталіну на теплообмінній поверхні водяних холодильників, що спричиняє підвищення температури оборотної води КГХ і коксового газу.

Встановлено, що для розв'язання цієї проблеми на деяких заводах України успішно застосовується промивання теплообмінників кам'яновугільною смолою без зупинок на чищення, причому більшого ефекту досягають у разі використання спіральних теплообмінників.

Зроблено висновок, що відсутність належного інтересу до впровадження схеми кінцевого охолодження із закритим водним циклом пояснюється збільшенням концентрації ціаністого водню в газі, що призводить до посилення корозії устаткування в бензольному відділенні, погіршення якості поглинаючого мастила, збільшення витрати соди і кількості рідких відходів у цеху сіркоочищення.

Проаналізовано різні способи вилучення ціаністого водню з оборотної води КГХ для усунення зазначених негативних наслідків, зокрема за допомогою сірчанокислого заліза, формальдегіду та інших реагентів або шляхом віддування зворотним коксовим газом, доменним газом або водяною парою під вакуумом.

Запропоновано з огляду на конкретні умови коксохімічного підприємства, враховуючи технологічну ефективність та економічну доцільність, комплексне впровадження заходів.

Комплекс запропонованих кваліфікаційною роботою заходів, а саме: впровадження технологічної схеми кінцевого охолодження коксового газу з закриттям водного циклу та ліквідацією градирні з встановленням спіральних теплообмінників; освіження циркулюючої води на аміачній колоні в процесі експлуатації дозволить значно поліпшити екологічну ситуацію навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Резуненко Ю.И., Подорожанский М.М., Лавров О.И. и др. Усовершенствование закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа. *Кокс и химия*. 1990. №5. С. 44-47.
2. Стеценко Е.Я. Опыт эксплуатации установок закрытого цикла воды конечного охлаждения газа. *Кокс и химия*. 1987. №4. С. 33-35.
3. Пинчугов В.Н., Куркин В.В., Гульняшкина Т. С. и др. Закрытый цикл конечного охлаждения коксового газа. *Кокс и химия*. 1989. №5. –С. 24-29.
4. Зубицкий Б.Д., Чимаров В.А., Швед В.С. и др. Совершенствование технологии конечного охлаждения коксового газа и очистки его от бензольных углеводородов. *Кокс и химия*. 2003. №1. С. 22-26.
5. Кагасов В.М., Шашмурина Л.А., Четверикова Н.А., Пименов И.В. Извлечение цианистого водорода из воды цикла конечного охлаждения коксового газа. *Кокс и химия*. 1990. №3. С. 24-29.
6. Кагасов В.М., Дербышева Е.К., Копытова Л.А. и др. Опытные промышленные испытания формальдегидной цианоочистки оборотной воды конечного охлаждения коксового газа с открытым циклом. *Кокс и химия*. 1989. №10. С. 30-33.
7. Овчинникова С.А., Чернышев Ю.А., Рубчевский В.Н. и др. Опытные промышленные испытания формальдегидной цианоочистки оборотной воды конечного охлаждения коксового газа с закрытым циклом. *Кокс и химия*. 1990. №9. С. 16-19.
8. Гребенюк А.Ф., Коробчанский В.И. Об оптимизации схемы улавливания химических продуктов коксования. *Кокс и химия*. 1996. №4. С. 31-33.
9. Гребенюк А.Ф., Гармата Е.Ю. О размещении вакуум-содовой сероочистки после нагнетателей коксового газа. *Кокс и химия*. 1998. №5. С. 20-22.

10. Гребенюк А.Ф., Елисеев О.И., Касторный Л.Ф. и др. Разработка и исследование процесса выделения нафталина и других летучих веществ из конденсата вакуум-содовой сероочистки. *Кокс и химия*. 1996. №4. С. 37-38.
11. Стеценко Е.Я. Конечное охлаждение газа в цехах улавливания. *Кокс и химия*. 1982. №4. С. 27-29.
12. Груздев В.В., Григоров А.А., Лехтер В.И. Опыт эксплуатации закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа. *Кокс и химия*. 2005. №9. С. 34-37.
13. Гребенюк, А.Ф. Улавливание химических продуктов коксования. Учебное пособие. - ч. 1, 2. / А.Ф. Гребенюк, В.И. Коробчанский, Г.А. Власов, С.И. Кауфман. Донецк: «Восточный издательский дом», 2002. 228 с.
14. Справочник коксохимика. Том 3. Улавливания и переработка химических продуктов коксования. Харьков: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2009. 450 с.
15. Коробчанский, И. Е. Расчет аппаратур для улавливания химических продуктов коксования / И.Е. Коробчанский, М.Д. Кузнецов: Учебник для вузов. М.: Металлургия, 1972. 295 с.
16. Блохин, М.И., Воробьева Л.А., Колбин И.Е. и др. Закрытый цикл конечного охлаждения коксового газа. *Кокс и химия*. 2006. № 2. С. 37-3.
17. Рудыка В.И., Зингерман Ю.Г., Грабко В.В., Казак Л.А. Основные направления модернизации химических предприятий. *Кокс и химия*. 2004. № 7. С. 29-34.
18. Гребенюк А.Ф., Папаянина Е.С., Мадар А.Е. О выборе аппаратов для конечного охлаждения коксового газа. *Углехимический журнал*. 2008. № 1-2. С.7-12.

- 19.Федак С.П., Казак Л.А., Сырова Л.Ф. и др. Конечное охлаждение коксового газа с применением различного оборудования. *Углекимический журнал*. 2009. № 3-4. -С. 68-73.
- 20.Белошапка И.В., Зоря С.И., Мукина Н.В. Опыт освоения и эксплуатации закрытого цикла конечного охлаждения коксового газа на коксохимическом производстве ОАО «АрселорМиттал Кривой Рог». *Углекимический журнал*. 2009. № 5-6. С. 55-59.
- 21.Скрипченко Н.П., Еремеев Ю.В., Казьмин В.П. Современные технические решения, внедренные в бензольном отделении цеха улавливания № 1 ПАО «АКХЗ». *Углекимический журнал*. 2013. №3-4. С. 59-69.

ДОДАТКИ

Звіт подібності

метадані

Назва організації
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Заголовок
Ческідова Аліна Олексівна

Автор
 Науковий керівник / Експерт
Ческідова Аліна Олексівна Шмельцер К.О.

Підрозділ
STATE UNIVERSITY OF ECONOMICS AND TECHNOLOGY

Обсяг знайдених подібностей

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



Тривога

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

Тип спотворення	Кількість	Значення
Заміна букв	ⓑ	3
Інтервали	A →	0
Мікропробіли	␣	0
Білі знаки	␣	0
Парафрази (SmartMarks)	а	59

Подібності за списком джерел

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

10 найдовших фраз		Колір тексту
ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИФІКОВАНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://revolution.elbest.ru/manufacture/00276868_1.html	43 0.65 %
2	https://revolution.elbest.ru/manufacture/00276868_0.html	35 0.53 %
3	https://revolution.elbest.ru/manufacture/00276868_1.html	29 0.44 %

ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ

ДОВІДКА

про підготовку здобувача

Ческідової Аліни Олексіївни
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Кафедра Хімічних технологій та інженерії
Спеціальність 161 Хімічних технологій та інженерії

Назва кваліфікаційної роботи Кваліфікаційна бакалаврська робота

Тема кваліфікаційної роботи Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при впровадженні деціанізації циркулюючої води

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

Оцінки по розділах роботи

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

Зав. кафедри

Шмельцер
(підпис)

К.О. Шмельцер
(ініціали, прізвище)

« 2 » червня 2025 р.

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

**ВІДГУК КЕРІВНИКА НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ
 БАКАЛАВРСЬКУ РОБОТУ**

Здобувачки Ческідової Аліни Олексіївни

(прізвище, ім'я та по-батькові)

групи ЗХТ-22-ск

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра

*Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при
 впровадженні деціанізації циркулюючої води*

Обсяг пояснювальної записки і графічної частини:

пояснювальна записка	59;
таблиць	6;
схем і рисунків	12;
листів графічної частини(демонстраційного матеріалу)	-.

Якісні відмінності кваліфікаційної роботи бакалавра

*Робота присвячена вивченню практичних, екологічних аспектів експлуатації
 установки кінцевого охолодження коксового газу в умовах КХВ «АМКР» та
 розробці комплексних технічних рішень для підвищення ефективності її
 роботи. В роботі запропоновано комплексний підхід щодо впровадження
 технологічних рішень для підвищення ефективності роботи установки
 кінцевого охолодження: освіження циркулюючої води на аміачній колоні,
 впровадження рішень щодо промивки гарячим поглинальним маслом
 теплообмінників та пропарки міжтрубного простору кінцевого газового
 холодильника, підвищення ефективності екстракції нафталіну смолою в
 процесі експлуатації дозволить підвищити ефективність охолодження газу,
 стабілізувати роботу БХУ та цеху сіркоочистки.*

Недоліки кваліфікаційної роботи бакалавра
(бакалавра, магістра)

В пояснювальній записці не достатньо проаналізовані конструктивні особливості кінцевих газових холодильників та теплообмінного устаткування, умови їх експлуатації, необґрунтована необхідність запропонованої промивки апаратів. В деяких місцях пояснювальної записки допущені стилістичні та орфографічні помилки та огріхи, в тексті зустрічається невдалий переклад. Деякі посилання на джерела в тексті вказані не коректно.

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

Здобувачка Ческідова А.О. під час написання кваліфікаційної бакалаврської роботи показала добру загальну та спеціальну підготовку, вміння працювати з літературними та патентними джерелами. Над розділами роботи працювала самостійно, висновки та розроблені рекомендації є актуальними, ефективними та економічно обґрунтованими.

Можливе використання випускної кваліфікаційної роботи:

Дослідницькі рішення та рекомендації роботі для підвищення ефективності роботи установки кінцевого охолодження коксового газу, запропоновані в роботі, можуть бути використані в умовах КХВ ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг»

Оцінка випускної кваліфікаційної бакалаврської роботи добре(80/В)

Керівник Шмельцер Катерина Олегівна

Завідувач кафедри
(посада)


(підпис)

«13» червня 2025 р.

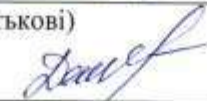
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЕКОНОМІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
 НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ
 Кафедра Хімічних технологій та інженерії

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
(бакалавра, магістра)
 Здобувача Ческідової Аліни Олексіївни
(прізвище, ім'я та по-батькові)

Групи ЗХТ-22-ск	
Тема кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при впровадженні деціанізації циркулюючої води	
Тема спеціальної частини кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Вибір та обґрунтування технологічної схеми кінцевого охолодження із закритим водним циклом	
Переваги кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
В роботі рекомендовані технічні рішення щодо деціанізації циркулюючої води, впровадження яких дозволить оптимізувати роботу не тільки бензолно-скрубєрного відділення та цеху сіркоочистки, а й коксохімічного виробництва в цілому. Наведено розрахунок кінцевого газового холодильника, його характеристики та параметри експлуатації.	
Недоліки кваліфікаційної роботи	<u>бакалавра</u> <small>(бакалавра, магістра)</small>
Суттєвих недоліків не виявлено. В деяких місцях пояснювальної записки допущені помилки в оформленні та неточність перекладу.	
Рекомендації: робота може бути рекомендована до захисту.	
Рецензент	<u>Десна Наталія Анатоліївна</u> <small>(прізвище, ім'я та по-батькові)</small>

Досудова, К. М. Н.
(посада, науковий ступінь, вчене звання)


(підпис)

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

Текст (вибрати необхідне):

- кваліфікаційної роботи;
 навчальної/наукової праці;
 наукових матеріалів

*Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при
впровадженні деціанізації циркулюючої води*

(назва)

автором/авторами або виконавцем якої є:

ЧЕСКІДОВА Аліна Олексіївна

(ПІБ)

кафедра Хімічної технології та інженерії,

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

обсягом 60 сторінок друкованого тексту перевірено програмно-технічним засобом «StrakePlagiarism».

Рівень оригінальності становить 10,68 %.

При перевірці посилань програмою визначено окремі співпадіння із:

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

Матеріали було розглянуто та рекомендовано до захисту в ЕК
(подальшого розгляду, друку, опублікування)

на засіданні кафедри Хімічної технології та інженерії

(структурний підрозділ, кафедра, лабораторія)

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

Керівник підрозділу



(підпис)

К. Шмельцер

Дата «13» червня 2025 р.

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

Я, *Ческідова Аліна Олексіївна*, підтримую політику Державного університету економіки і технологій з академічної доброчесності і відкритого доступу. Стверджую, що кваліфікаційна бакалаврська робота («Вдосконалення технології кінцевого охолодження коксового газу при впровадженні деціанізації циркулюючої води») виконана самостійно та не містить академічного плагіату. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) недозволену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають покликання на відповідне джерело.

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

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

13.06.2025

 *Ческідова А.О.*

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

Я, *ЧЕСКІДОВА Аліна Олексіївна*, здобувач(ка) Шск курсу, групи ЗХТ-22ск Державного університету економіки і технологій розумію і підтримую політику закладу з академічної доброчесності. Я не надавав(ла) і не одержував(ла) заборонену допомогу під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текст в інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

2.06.2025



А. Ческідова