

Міністерство освіти і науки України

Запорізький національний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні

(назва факультету)

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

(перший (бакалаврський) рівень)

на тему «Удосконалення системи очищення відхідних газів у бензолітовому відділенні коксового виробництва»

Виконала: студент 4 курсу, групи 6.1830-з

Єрмоєнко А.В.

(ПІБ)

(підпис)

спеціальності

183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

освітньо-професійна програма

Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Керівник Белоконь К.В.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Запоріжжя – 2024 року

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра металургійних технологій, екології та техногенної безпеки

Рівень вищої освіти перший бакалаврський рівень

Спеціальність 183 Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

Освітньо-професійна програма Технології захисту навколишнього середовища

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТЕТБ

Ю.О. Белоконь

« 16 » 05 2024 рок

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТУ

Єрмоменко Андрій Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення системи очищення відхідних газів у бензоловому відділенні коксового виробництва

керівник роботи (проекту) Белоконь Каріна Володимирівна, к.т.н, доцент

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

Затверджені наказом вищого навчального закладу від «26»12 2024 року № 2212-с

2. Строк подання студентом роботи (проекта) 16.05.2024

3. Вихідні дані до роботи (проекта) кількість коксового газу, $V = 100\ 000\ \text{м}^3/\text{год}$, загальна висота скрубера, $H = 32000\ \text{мм}$, вміст бензолових вуглеводнів, $C_1 = 35\ \text{г}/\text{м}^3$ в прямому газі, вміст бензолових вуглеводнів, $C_2 = 2\ \text{г}/\text{м}^3$ в зворотньому газі, вміст бензолових вуглеводнів, $C^3 = 2,2\ \%$ в кам'яновугільному поглинальному маслі, вміст бензолових вуглеводнів, $C_4 = 0,2\ \%$ в обезбензоленному маслі, температура уловлювання $T = 25^\circ\text{C}$, коефіцієнт абсорбції, $H_0 = 2,02\ \text{кг}/\text{м}^3 \cdot \text{мм рт.ст.}$

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) реферат, вступ, загальна частина, технологічна частина, охорона праці та техногенна безпека, висновки, список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) презентаційний матеріал, 12 слайдів: титульний лист, уловлювання бензолових вуглеводнів із коксового газу, типи насадок, перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, технологічна схема бензолового відділення, скрубера з дерев'яною хордовою насадкою, скрубера з металевою спіральною

насадкою, схема включення бензолових скрубєрів, розрахунок бензолового скрубєра, конструктивний, технологічний та гідравлічний розрахунки параметрів скрубєра, екологічна ефективність проєктних рішень, висновки

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
		завдання прийняв
Розділ 1	Белоконь К.В., доцент	
Розділ 2	Белоконь К.В., доцент	
Розділ 3	Белоконь К.В., доцент	
Нормоконтроль	Белоконь Ю.О., завідувач кафедри	

7. Дата видачі завдання 12.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Вступ	до 25.02.2024	
2	Реферат	до 03.03.2024	
3	Розділ 1	до 24.03.2024	
4	Розділ 2	до 14.04.2024	
5	Розділ 3	до 28.04.2024	
6	Висновки	до 16.05.2024	

Студент _____ Єрмоєнко А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту (роботи) _____ Белоконь К.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Реферат

Кваліфікаційна робота на тему «Удосконалення системи очищення відхідних газів у бензолівому відділенні коксового виробництва»: 79 стор., 10 табл., 7 рис., 15 джерел.

КОКС, СИРИЙ БЕНЗОЛ, ПОГЛИНАЛЬНЕ МАСЛО, ЗРОШУВАННЯ, СУРУБЕР, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ВИКИДИ, МЕТАЛЕВА НАСАДКА.

Мета кваліфікаційної роботи – удосконалення системи очищення коксового газу у бензолівому відділенні підприємства ВАТ «Дніпрококс».

У першому розділі розглянуто знешкодження викидів при виробництві коксу, технологічні схеми скрубєрного відділення.

У другому розділі розглянуто структуру підприємства ВАТ «Дніпрококс», викиди шкідливих речовин в атмосферу на підприємстві, уловлювання сирого бензолу поглинальними маслами, технологічна схема бензолівому відділення, техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень. Виконані розрахунки бензолівому скрубєраз металеву насадку: конструктивний розрахунок параметрів металеву насадки скрубєра, гідравлічний та технологічний розрахунки. За результатами розрахунку були визначені: питома поверхня насадки складає $1,6 \text{ м}^2/\text{м}^3$ газу в годину, необхідна поверхня металеву насадки бензолівому скрубєра $130\,000 \text{ м}^3$, загальна висота насадки 51 м. Діаметр скрубєра 5000 мм. Швидкість коксового газу в апараті 1,4 м/сек. Запропоновано схему включення трьох скрубєрів, що дозволяє проводити двохступінчасте (послідовне) очищення коксового газу при відключенні будь-якого з трьох скрубєрів.

У розділі «Охорона праці та техногенна безпека» розглянуто небезпечні та шкідливі фактори у коксохімічному виробництві, розроблено заходи з техніки безпеки, виробничу санітарію та пожежної безпеки. Виконано розрахунок повітряного душу для зниження шкідливої дії теплового випромінювання на робочому місці.

Зміст

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА	10
1.1 Знешкодження викидів при виробництві коксу	10
1.2 Технологічні схеми скрубєрного відділення	18
РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	29
2.1 Викиди шкідливих речовин в атмосферу на підприємстві ВАТ «Дніпрококс»	29
2.2 Структура підприємства ВАТ «Дніпрококс»	30
2.3 Уловлювання сирого бензолу поглинальними маслами	37
2.4 Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень	40
2.5 Технологічна схема бензолового відділення	45
2.5.1 Уловлювання сирого бензолу поглинальними маслами	51
2.5.2 Концентрація бензолу в поглинальному маслі	54
2.5.3 Поверхня зрошування	55
2.5.4 Кінцеве охолодження газу	56
2.6 Розрахунок скрубєра	57
2.6.1 Конструктивний розрахунок параметрів насадки скрубєра	59
2.6.2 Технологічний розрахунок	59
2.6.3 Гідравлічний розрахунок бензолового скрубєра	60
2.6.4 Технічний розрахунок	60
2.7 Еколого-економічна ефективність проєктних рішень	64
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА	68
3.1 Основні шкідливості і небезпеки коксового виробництва	68
3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпек в коксохімічному виробництві	72

3.3 Пожежна безпека	74
ВИСНОВКИ	77
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	78

ВСТУП

Виробництво коксу на коксохімічному заводі спричиняє за собою відповідні вироблення коксового газу, смоли, аміаку, сирого бензолу і інших цінних хімічних продуктів коксування.

В даний час у складі коксохімічного заводу перебувають в експлуатації наступні цехи основного виробничого призначення:

- вуглепідготовчий цех;
- коксовий цех у складі коксових батарей №1,2,4,5, з ємкістю камери коксування 21,6 м³, потужністю камери коксування 1 040 000 т/год валового коксу, 6 % вологості з мокрим гасінням коксу;
- цех уловлювання;
- цех переробки сухого бензолу (цех ректифікації);
- цех очищення коксового газу від сірководня;
- паросиловий цех;
- ремонтно-будівельна ділянка.

Технологічний процес виробництва коксу і уловлювання хімічних продуктів коксування супроводжується виділенням пилогазоподібних викидів, до складу яких входить велика кількість пилу, діоксидів сірки, оксидів азоту, оксидів вуглецю, сажі, бензолу, бенз(а)пірена, аміаку, сірководня, фенолу, ціаністого водню, піридину, нафталіну і так далі.

Вихідна сировина – вугілля у вуглепідготовчому цеху проходить стадії розвантаження, складування, розморожування, дроблення, дозування компонентів шихти, при цьому в атмосферу виділяється пил, продукти згорання коксового газу із димарів гаража розморожування, діоксид сірки, оксиди азоту, оксид вуглецю, сажа і бенз(а)пірен.

Вугільна шихта в процесі коксування піддається термічній дії, для чого в опалювальну систему коксових батарей піддається зворотний коксовий газ і доменний в суміші з повітрям. Продукти горіння коксового газу викидаються в

атмосферу, в яких з'єднуються діоксид сірки, оксид азоту, оксид вуглецю, сажа і бенз(а)пірен.

Операції завантаження камер коксування вугільною шихтою, видачі і гасіння коксу супроводжується виділенням в атмосферу пилю, діоксидів сірки, оксиду вуглецю, оксидів азоту, аміаку, сірководню, бензолу, фенолу, ціаністого водню, бенз(а)пірена, піридину і нафталіну.

Гасіння коксу на всіх батареях мокре і здійснюється фенольними водами, що заздалегідь пройшли біохімічну установку. При мокрому гасінні коксу із гасильних башт в атмосферу виділяються діоксид сірки, аміак, фенол, сірководень, ціаністий водень, пил, оксид вуглецю і бенз(а) пірен.

Коксовий газ, виділяється в результаті коксування шихти, послідовно проходить відділення охолодження і конденсації коксового газу, сульфатно-піридинову, обесфенолюючу установку, бензолове відділення, в яких уловлюються піридин, аміак, бензол, нафталін.

З повітряників і апаратури цеху уловлювання в атмосферу виділяються ціаністий водень, піридин, сірководень, аміак, бензол, толуол, ксилол, сірководень, сірковуглець.

У парокотельній як пальне використовується коксовий газ і доменний. Через димар парокотельної викидаються в атмосферу вуглекислий газ, оксиди азоту, діоксиди сірки.

Продукцією, що випускається, є коксу, сульфат амонія, бензол, феноляти, піридинові підстави, луската сірка.

Розвиток виробництва сирого бензолу йде по дорозі головним чином безперервного кількісного нарощування виробничих потужностей і пов'язаного з цим збільшення розмірів встановлюваних апаратів. Технологічна ж схема і принципова суть процесу виділення з коксового газу бензолових вуглеводнів залишилися майже без зміни.

На всіх наших коксохімічних заводах, що діють, уловлювання бензолових вуглеводнів, як відомо, здійснюється шляхом їх абсорбції з газу поглинальними мастилами.

Практично бензол і його гомологи були отримані з кам'яновугільної смоли в середині XIX ст., а у кінці XIX ст. після винаходу ауеровського пальника і у зв'язку з розвитком анілінофарбної промисловості розпочинали витягувати їх з коксового газу.

Надалі бензол почали додавати до моторного палива для підвищення октанового числа, толуол знайшов застосування для виробництва тринітротолуолу, а решта гомологів бензолу використовувалася у вигляді сумішей як розчинники. Пізніше, бензол почали широко застосовувати для синтезу різних речовин: фенолу, хлорбензолу, циклогексану, етилбензолу і інших продуктів, з яких, у свою чергу, можуть бути синтезовані багато полімерних смол (поліуретанові, перхлорвінілові, епоксидні і так далі). А так само можуть бути отримані синтетичні волокна (нейлон, капрон), каучуки, фармацевтичні препарати, барвники миючі засоби і так далі. Вимоги до якості бензолу і на його гомологи бензол-толуола, ізомери ксилолу і триметилбензолу, дурол.

Розширення асортименту продуктів переробки сирого бензолу, підвищення вимог до їх якості і збільшення масштабів виробництва спричиняли необхідність інтенсифікації технологічного процесу і удосконалення обладнання, впровадження автоматичного регулювання процесу, розробки нових схем уловлювання сирого бензолу з коксового газу.

З розвитком нафтохімічної промисловості потреба народного господарства в бензолі і його гомологах може задовольняти за рахунок переробки нафти. В цьому випадку з коксового газу можна витягувати лише бензол, залишаючи в ньому інші вуглеводні для підвищення калорійності [1].

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Знешкодження викидів при виробництві коксу

Процес коксування здійснюють в горизонтальних коксових печах, що є вузькою, довгою і високою камерою, розташованою між ogrivальними простінками і відокремленою від них тонкою (100-120 мм) стінкою з вогнетривкої цеглини. Для зручності експлуатації і підвищення продуктивності праці камери зводять в батареї, що складаються з n камер і $n+1$ простінків. На сучасних підприємствах число камер в батареї коливається від 50 до 120. Розміри камер сучасних печей: ширина 0,40-0,45 м; довжина 13-17 м; висота 4-6 м.

В Україні ширина камери складає 0,41 м і корисну місткість – до 32,4 м³. У верхньому перекритті камери мають три завантажувальні отвори і отвори для відведення летючих продуктів коксування, які через газовідвід, (стояк і газовідвідну арматуру, що примикає до нього) потрапляють в газозбірник, звідки прямують в цех хімічного очищення газів. З торців камера щільно закривається спеціальними дверима, які знімаються тільки після закінчення коксування для виштовхування готового коксу за допомогою штанги коксовиштовхувача. Щоб полегшити виштовхування, камеру печі роблять ширшою з «коксвого боку» (сторона, куди виштовхується кокс) в порівнянні з «машинною стороною» (сторона, звідки виштовхується кокс) на 40-50 мм.

Коксові печі найчастіше обігріваються коксівним і доменними газами, що обумовлене тісним взаємозв'язком доменного і коксохімічного виробництв.

Продуктивність коксової печі визначається розмірами камери і швидкістю коксування, яка, у свою чергу, залежить від температури в нагрівальних каналах.

Розжарений кокс вивантажують з камери коксової печі в гасильний вагон, що є відкритим сталевим кузовом з похилим дном, встановленим на двох

залізничних візках нормальної колії, потім охолоджують (гасять). Природно, ці операції пов'язані із значним виділенням в робочий простір шкідливих газів.

Існує два способи гасіння коксу: сухий і мокрий. Поширеніший спосіб мокрого гасіння: кокс після видачі з камери коксової печі заливають водою. Для цього гасильний вагон з коксом, що пересувається вздовж фронту коксових печей за допомогою електровоза, транспортується в гасильну камеру – могутній залізобетонний каркас з витяжною трубою і пристроєм для гасіння коксу. Гасильним пристроєм є ряд труб (від двох до семи) з отворами (або форсунками по довжині труби), розташованих вздовж осі гасильного вагону, через який кокс заливається водою.

Кількість води для гасіння 1 т коксу складає близько 2 т, причому за час гасіння (120-140 с) близько $0,5\text{ м}^3$ води випаровується.

При застосуванні способу сухого гасіння коксу рекуперується близько 80% теплоти, яка відноситься коксу, що еквівалентно 4,5-5,0% всій тепловій енергії, яка міститься в кам'яному вугіллі. Якість коксу при сухому гасінні покращується.

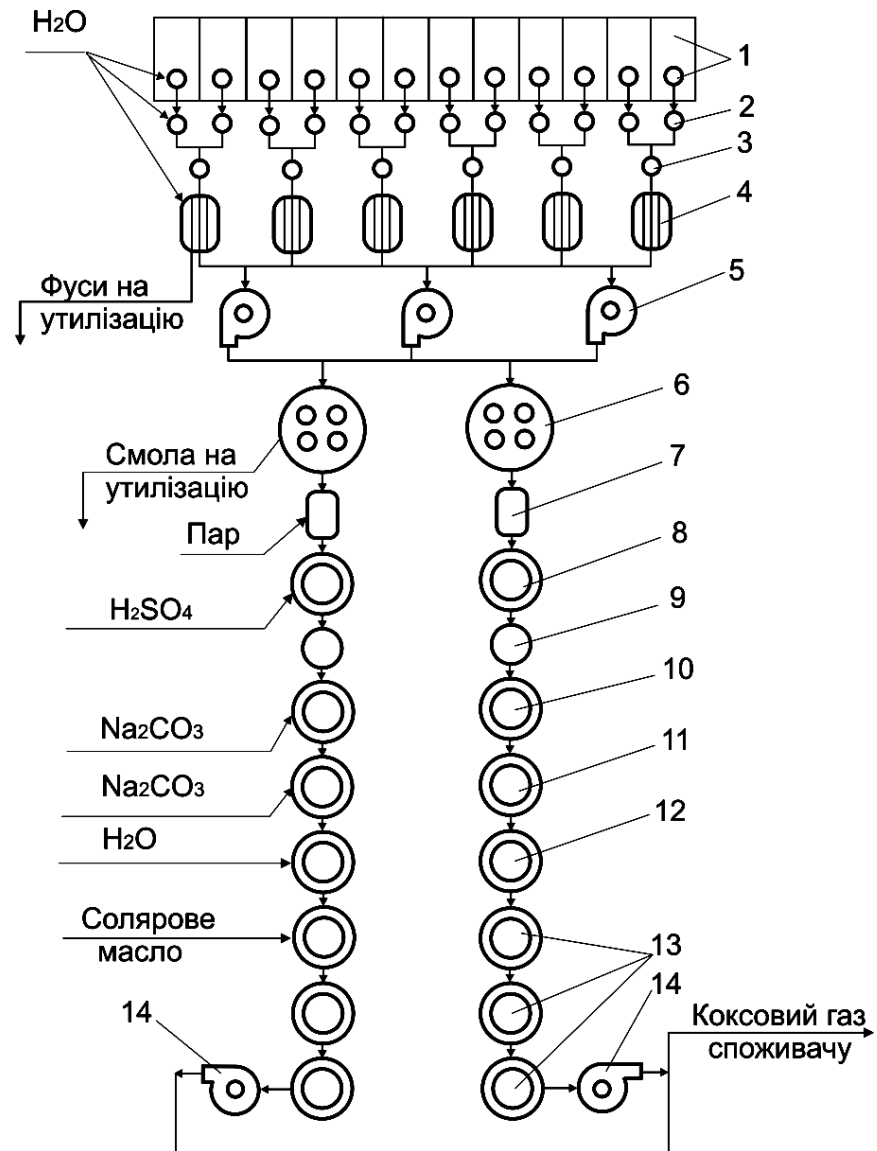
Схема установки сухого гасіння коксу наступна: інертні по відношенню до коксу газу (зазвичай продукти горіння коксу) проходять простір з розжареним коксом, потім теплообмінник (паровий котел) і вентилятор. Охолоджені після теплообмінника газу знову подаються для охолодження розжареного коксу. При гасінні 1 т коксу можна отримати близько 0,42 т пара під тиском 3,82 МПа і при температурі 450°C .

Зразковий склад циркуляційного газу %: CO_2 - 5; С - 18; H_2 - 10; N_2 - 66; O_2 - 0,4. Горючі компоненти містяться в циркуляційному газі в таких кількостях, що роблять установку вибухонебезпечною, а газ високотоксичним.

Очищення коксового газу. Принципова схема очищення коксового газу, в якому концентруються ті речовини, що утворилися при коксуванні вугілля, леткі перегони, представлена на рисунку 1.1.

Газ виходить із коксової батареї і через стояки надходить в газозбірники, розташовані вздовж батареї. У стояках і газозбірниках він рясно зрошується

надсмольною аміачною водою за допомогою форсунок, розташованих по всій довжині газозбірника. При цьому відбувається охолодження газу з 650-700°C до 85°C, виділення 60-65% смол і захоплених із камер коксових печей частинок вугілля і напівкоксу.



1 – коксові камери із стояками; 2 – газозбірники; 3 – сепаратори; 4 – первинні холодильники; 5 – ексгаустери; 6 – електрофільтри; 7 – парові підігрівачі; 8 – аміачні скрубери; 9 – кислотні пастки; 10 – скрубери для уловлювання H_2S ; 11 – скрубери для уловлювання HCN ; 12 – скрубери (кінцеві холодильники); 13 – бензолові насадочні скрубери; 14 – газодувка

Рисунок 1.1 – Принципова схема очищення коксового газу

Суміш газу, води і смоли із газозбірника прямує в сепаратор для відокремлення газу від рідини і в освітлювачі для розділення смоли і води. Змішані із смолою тверді частинки вуглецевих матеріалів агрегуються в різні за величиною комки і грудочки, які називають фусами. Кількість їх в смолі залежить від розмірів частинок шихти, а також від способу і тривалості завантаження печей.

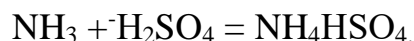
В середньому приймається, що фуси які утворюються складають 0,05-0,7% кількостей з коксованої сухої шихти. При бездимному завантаженні коксових печей за допомогою парової інжекції кількість фусів збільшується до 0,19-0,21% сухої шихти.

Загальна масова частка у фусах твердої фази (частинок вугілля, напівкоксу, золи) складає 40-50% на безводну масу, останнє є кам'яновугільною смолою. Вологість фусів коливається в межах 5-11%. Безвода маса фусів має зольність в межах 4-6%, масова доля загальної сірки в ній складає 1,6-2,5%, а частинок розміром менше 0,43 мм – близько 75%.

Газ із освітлювача поступає надходить в трубчастий холодильник, де охолоджується технічною водою до 35-25°C. При цьому із газу, майже повністю конденсується частина пару висококиплячих речовин (смоли) і пару, що залишився, води, які при конденсації і охолодженні поглинані з газу аміаку, сірководеню, фенолів і інші домішки, утворюють – надсмольну воду.

Потім коксовий газ надходить в електрофільтри для очищення від найдрібніших крапельок смоли, після чого прямує для уловлювання з нього хімічних продуктів коксування [2].

Уловлювання з із коксового газу аміаку. Повністю визволений від краплин води і смол газ поступає у форсуночні скрубери – абсорбери сульфатного відділення, де в результаті зрошування коксового газу сірчаною кислотою із газу виділяється аміак. Поглинання аміаку протікає по реакціям:



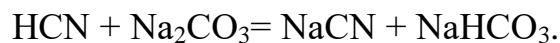
В цілях покращення уловлювання аміаку, газ перед скруберами

підігривають до 70°C за допомогою парових нагрівачів.

При уловлюванні аміаку в скруберах-абсорберах відбувається попутне утворення кислого смоління, вихід якої складає 0,013 % кількості коксованої сухої шихти.

Використання кислого смоління значною мірою визначається її складом: окрім смоли в ній іноді міститься до 50 % маткового розчину, що складається з 8 % вільної сірчаної кислоти і 92 % сульфату амонія.

Уловлювання ціановодню. Далі газ проходить через кислотні пастки, в яких уловлюються залишкові краплини сірчаної кислоти, і прямує на очищення від ціановодню. Цей процес здійснюється в порожнистих безнасадочних форсуночних скруберах із використанням як зрошуючої рідини 5 % розчину Na_2CO_3 при протиточній схемі подачі реагентів. Ціановодень виділяється з газової фази по наступній реакції:



Уловлювання сірководню. При подачі коксового газу на побутові потреби або при використанні його для нагріву спеціальних сортів сталі виникає необхідність очистки газу від сірководню. Очищення коксового газу від сірководню відбувається двома методами: вакуум-карбонатним і миш'яково-содовим. Обидві технологічні схеми уловлюванні H_2S абсолютно аналогічні і відмінність полягає лише в різному складі і питомій витраті поглинювального розчину.

Вакуум-карбонатний метод заснований на поглинанні H_2S з газу 5% водним розчином Na_2CO_3 . Цей процес здійснюється також в порожнистих безнасадочних скруберах форсунок по протиточній схемі подачі газу і зрошуючої рідини. Одночасно з H_2S з газу уловлюється також і CO_2 .

Насичений сірководнем поглинювальний розчин виводиться з циклу зрошування і піддається регенерації, яка проводиться при нагріванні розчину під вакуумом. Сода, що виділяється при регенерації розчину, знову подається в

скрубери на зрошення, а що утворився газоподібний H_2S прямує на спеціальну переробку з метою отримання з нього сірки.

Далі газ проходить кінцеві газові холодильники, в яких температура його знову знижується до $25-30^{\circ}C$, що необхідна для наступної стадії уловлювання ароматичних вуглеводнів.

Кінцевими холодильниками є скрубери, в яких газ охолоджується промивкою його мілкорозбризкуваною водою за допомогою форсунок тонкого розпилу. Разом з охолодженням газу вода поглинає і нафталін, що залишився в газі, кількість якого перед кінцевими холодильниками складає близько 2 г/м^3 , а після них – менше $0,8 \text{ г/м}^3$.

Нафталін екстрагується із води смолою: вода із нафталіном поступає в спеціальний багатополочний промивач, на верхню полицю якого безперервно подають смолу із температурою $70-80^{\circ}C$. При цьому смола розчиняє нафталін і з температурою $50-60^{\circ}C$ виводиться у збірник, в якому відокремлюється від води. Вода після відстоювання і освітлення в збірнику прямує в градирню і потім на зрошення коксового газу в кінцевому холодильнику.

Оборотна вода вимиває з газу шкідливі домішки, тому певну кількість забрудненої води постійно виводять в заводську каналізацію і додають відповідну кількість свіжої технічної води. Кількість води, що виводиться, зазвичай складає 5-6% кількостей коксованої сухої шихти. Вода, що виводиться з циклу кінцевих газових холодильників, містить, г/м^3 : фенолів - 180-2000; аміаку - 80-1300; роданіду - 80-560; ціанидів 7-150; сульфідів - 8-200; хлоридів - 35-1000; сульфатів - 100-1400; смоли і масла - 28-540.

Уловлювання ароматичних вуглеводнів. Охолоджений і очищений від смоли, аміаку і нафталіну коксовий газ поступає в бензолове відділення, де проходить через послідовно сполучені бензолові скрубери насадок, зрошені соляровим або кам'яновугільним маслом, абсорбуючим бензоли і залишки нафталіну.

Насичене бензоловими вуглеводнями поглинальне масло із скруберів після попереднього підігріву подається на розділову колону, де продувається

паром. Бензолні вуглеводні при цьому відганяються із мастила, які охолодженні знову поступають в скруббер.

Очищений від всіх домішок коксовий газ подається споживачу як теплоносій.

Таким чином, основними джерелами технологічних викидів у коксохімічному виробництві є [3]:

1) різні ділянки цеху вуглепідготовки, де на операціях сортування, змішення, подрібнення і транспортування вугілля виділяється значна кількість пилу (0,4 кг/т валового коксу), який добре уловлюється в мокрих пиловловлювачах типу СІОТ (пил, що залишився неуловленим, осідає в радіусі 500 м від місця утворення), а також опалювальна система коксових печей, в якій при опалюванні, наприклад, коксовим газом витрачається близько 210 м³ газу на 1 т коксу. При цьому на 1 т коксу отримують 1400м³ димових газів, що містять, г/м³: С - 0,8; NO_x - 0,07; SO₂ - 1,1. Питомі викиди оксидів азоту і оксиду сірки (IV) складають відповідно 0,1 і 1,5 кг/т коксу;

2) системи завантаження вугілля і видачі коксу. При завантаженні вугілля в коксові печі пиле- і газовиділення значні і складають на 1 т коксу, грам: пил - 400; С 0 46; H₂S 0 21,8; NH₃ 0 47; HCN 0 0,6; C₆H₅OH 0 - 1,1; вуглеводнів -190; SO₂ - 32; NO_x - 55.

Застосування бездимного завантаження з інжекцією газів водяною парою зменшує викиди в 10-15 разів. При видачі коксу з печі пилевиділення дуже високе і досягає на 1 т коксу 750 грамам, а кількість газоподібних компонентів складає, грам: H₂S - 7,6; NH₃ - 51; C₆H₅OH - 0,5; SO₂ - 22; NO_x - 3,6; вуглеводнів - 36.

Ефективна система боротьби з пилевиділенням при виштовхуванні коксового пирога у вагон поки не створена. Крім того, при русі гасильного вагону з коксом від печі до гасильної башти виділяються гази (приблизно 100 м³/т коксу), в яких містяться, грам: пил - 110; H₂S - 0,2; вуглеводнів - 70; SO₂ - 16; С - 31; NO_x - 2,9;

3) система гасіння коксу. При мокрому гасінні стічною водою з витратою 0,45-0,55 м³/т коксу об'єм газоподібних викидів складає 600-650 м³/т. При сухому гасінні атмосфера забруднюється пилом, що виділяється при завантаженні бункерів коксом (400 г/т коксу), причому 90% цієї кількості може бути уловлено при створенні ефективної аспіраційної системи.

При сухому гасінні 1 т коксу в атмосферу потрапляє 400 грам пилу, а при мокрому гасінні такі домішки, грам: H₂S - 20; NH₃ - 42; C₆H₅OH - 89; HCN - 9;

4) системи охолодження і очищення коксового газу. На різних стадіях технологічної схеми охолодження і очищення коксового газу утворюється значна кількість різноманітних відходів, основними з яких являються: кам'яно-вугільні фуси у кількості 700-1000 г/т коксу; кисла смолка сульфатних відділень, кількість якої досягає 150 г/т коксу; стічні фенольні води, що утворюються в основному в аміачному відділенні після видобування із надсмольної води летючого аміаку і її обезфенолювання. Найбільший об'єм води виводиться з циклу кінцевого охолодження коксового газу, декілька менше води надходить із циклу газозбірників, проте вони містять основну кількість амонійних солей (близько 90%), що поступають у фенольну каналізацію. Загальний об'єм стічних вод складає 38 % кількостей коксованої сухої шихти і близько 30% з них складають надсмольні води після виділення з них аміаку і летючих фенолів.

Дослідження складу стічних вод 12 коксохімічних заводів України показало, що загальний стік цеху уловлювання характеризується наступними даними, г/м³:

Феноли	106-370	Хлориди	460-2800
Аміак	250-2000	Сульфати	220-800
Роданід	300-520	Смоли і масла	100-400
Цианіди	27-90	Сульфіди	5-207

Стічні води коксохімічних заводів використовуються загалом для гасіння коксу після попереднього очищення від шкідливих складових; залишкова їх кількість виділяється в атмосферу при гасінні коксу.

Завдяки науковим розробкам вітчизняних вчених нині із відходів витягується близько 200 найменувань цінних продуктів коксування вугілля. Проте значну частину їх поки не використовують (особливо породи вуглезбагачення), вивозять у відвали, де вони слугують джерелом вторинного забруднення навколишнього середовища.

Використання відходів коксохімічного виробництва, що утворюються, вимагає швидкого дозволу, оскільки існуюче з ними положення з ряду причин загрожує можливості нормального здійснення всього виробничого процесу. За такі причини можна вважати наступні [4]:

- безперервне нарощування потужностей підприємств призвело до того, що звалища значною мірою заповнені, а для організації нових відвалів вже немає придатної території;

- частина відходів, насамперед кисле смоління, представляє собою в'язку нерухому масу, видалення якої потребує великої затрат праці;

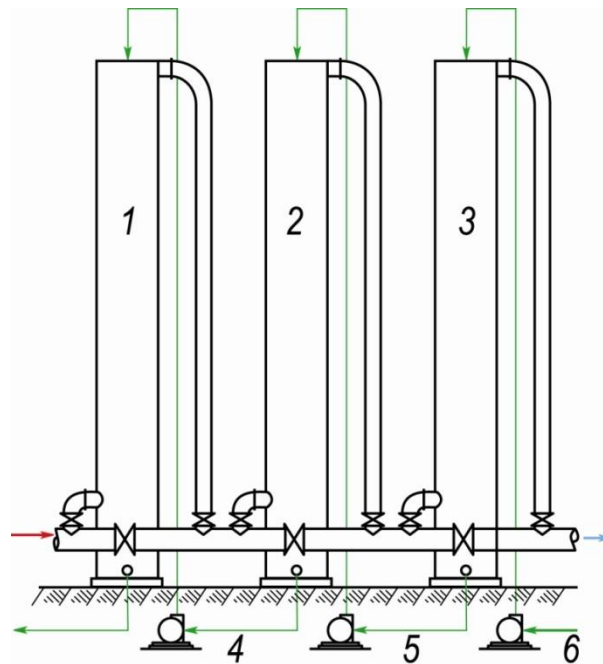
- велика частина коксохімічних відходів представляє собою смердючі речовини, що виділяють шкідливі випаровування і отруйні гази. Крім того, частина з них містить розчині у воді шкідливі домішки, які вимиваються і потрапляють у води підгрунтя, викликаючи забруднення джерел водопостачання і водоймищ рибогосподарського призначення;

- впровадження на коксохімічних заводах біологічної очистки стічних вод зумовило неможливість скидання в загальну каналізацію частини сильно забруднених стоків – відпрацьованих розчинів сіркоочисних цехів, промивних вод цеху ректифікації сирого бензолу та ін. Ці стоки доводиться використовувати для гасіння коксу, що призводить до суттєвого збільшення вмісту у ньому золи (на 0,4%) і сірки (на 0,12-0,15%) і додаткового забруднення атмосфери.

1.2 Технологічні схеми скрубного відділення

Типова технологічна схема скрубного відділення для сучасних вітчизняних коксохімічних заводів передбачає установку на лінії газового

поток однієї черги трьох скруберів, яких повністю був дотриманий принцип протитечії газу і поглинача, причому розміри скруберів, а отже, і поверхні розташованої в них насадки визначаються кількістю газу (рис. 1.2). Скрубери мають штуцера для введення і виведення газу і масла. Для пропарювання скруберів з метою очищення насадки від всяких відкладень було передбачено підведення пари із скрубера через продувну свічку, вмонтовану у верхню кришку. Скрубери по висоті обладнані люками для контрольного огляду.



1,2,3 – скрубери; 4,5,6 – насоси

Рисунок 1.2 – Уловлювання бензолових вуглеводнів із коксового газу

Очищений від аміаку і смоли і охолоджений до 25-30°C коксовий газ, пройшовши послідовно скрубери 1, 2 і 3, потрапляє в газопровід зворотного газу і прямує споживачам.

Поглиналине масло після десорбції з нього бензолових вуглеводнів і охолодження до 27- 30°C із проміжної збірки насосом 6 подається на одну з верхніх секцій насадки останнього по ходу газу скрубера 3. Стікаюче із скрубера 3 масло збирається в збірці, розташованій усередині скрубера в

нижній його частині, звідки насосом 5 подається на верх скрубера 2, звідки насосом 4 в скрубер 1. Пройшовши послідовно всі скрубери, поглинальне масло насичене бензолними вуглеводнями, з нижньої частини першого по ходу газу скрубера 1 поступає в збірку, звідки подається в дистиляційне відділення для десорбції з нього бензолних вуглеводнів. Газова і масляна комунікації обладнані відповідною кількістю засувки, перекриття яких дозволяє вимкнути по газу і маслу будь-якої з працюючих скруберів, не порушуючи нормальної роботи всієї установки в цілому.

Для запобігання віднесення дрібних крапель масла газовим потоком верхня секція насадки скрубера 3 не зрошується маслом.

Таким чином, ця насадка осушує газ від зосереджених їм бризок і крапель масла. Як осушувача насадка може застосовуватись лише дерев'яна. Металеву осушувачу насадку застосовувати не слід оскільки не захищена масляною плівкою металева насадка швидко корродує під дією, що міститься в коксівному газі сірководню і ціаністоводневої кислоти.

Постійність рівня масла в скруберах і рівномірна подача на них зрошування забезпечуються автоматично за допомогою спеціальних регуляторів рівня, що блокуються з насосами, що подають масло на скрубери. Необхідна умова нормальної роботи скруберної установки – строге дотримання принципу протитечії газу і масла і виключення можливості змішення масла, що стікає з різних скруберів.

Щоб уникнути обводнення масла в скруберах за рахунок конденсації водяної пари з коксівного газу (особливо в зимовий час), необхідно підтримувати температуру масла на 2-3°C вище за температуру газу. Для забезпечення добрих умов поглинання бензолних вуглеводнів швидкість газу через живий перетин насадки повина бути не нижче критичній і рівній 1,5-1,8 м/сек.

До насадки для заповнення скруберів пред'являються наступні основні вимоги [5]:

- 1) велика поверхня одиниці об'єму насадки (m^2/m^3);

- 2) малий опір газовому потоку або великий живий перетин насадки;
- 3) мала об'ємна маса;
- 4) невисока вартість.

Питома поверхня дерев'яної хордової насадки складає 50-70 м² в 1 м³ об'єму. Величина ця визначається розмірами дерев'яних рейок і способами їх укладання. Питома поверхня металевої спіральної насадки 130 м²/м³.

В результаті значно більшої питомої поверхні спіральної металевої насадки, в порівнянні з хордовою, скрубери з металевою насадкою проектується меншої висоти, але більшого діаметра.

Металева насадка дозволяє значно зменшити об'єм і вагу скруберів, а отже, і капітальні затрати. Проте упровадження її на коксохімічних заводах країн СНД не отримало широкого розповсюдження. Обумовлено це певною мірою тим, що в порівнянні з дерев'яною хордовою металева насадка в значно більшому ступені підлягає засміченню, чому сприяє складна конфігурація насадки на поверхні якій затримуються випадуючі осідання. Видалення цих опадів навіть при ретельній і тривалій промивці скруберів не завжди виявляється можливим. На практиці це приводить до різкого зростання опору скруберів і погіршення уловлювання.

Іншим недоліком металевої насадки є те, що вона може піддаватися корозії під дією таких агресивних компонентів коксівного газу, як сірководень і ціанистоводнева кислота. Тому при розкритті скруберів з металевою насадкою необхідно дотримуватись заходів обережності, що виключають можливість самозагоряння сірчистого заліза, утворення якого можливо на насадці.

Зрошування скруберів поглинальним маслом повинне вироблятися так, щоб насадка виявилася повністю змоченою, що вельми важливо для повноти уловлювання бензолних вуглеводнів з коксівного газу.

Сучасні бензолні скрубери є громіздкі апарати, споруда яких була пов'язана із значними капітальними витратами на їх виготовлення і установку. Експлуатація скруберних установок часто ускладнюється у результаті засмічення насадки (особливо металевої) відкладеннями нафталіну, антрацену і

шламу що викликають підвищений опір газовому потоку і збільшення втрат бензольних вуглеводнів із зворотним газом. Дерев'яна насадка вибирає в процесі роботи значну кількість масла, яке безповоротно втрачається. Всі ці і інші недоліки конструкцій абсорбційних апаратів, які, по думці їх авторів, повинні були інтенсифікувати процес уловлювання бензолових вуглеводнів поліпшити експлуатацію скрубєрних установок і зменшити капітальні витрати на їх споруду.

Інтенсифікація процесу уловлювання бензолових вуглеводнів з коксівного газу постійно викликається розширенням ряду діючих і будівництвом нових крупних коксохімічних заводів. На ряді заводів працюють і продовжують будувати печі великої місткості, що викликає значне зростання кількості коксівного газу в кожному газовому потоці. Рішення проблеми обробки великих об'ємів газу лише шляхом пропорціонального збільшення габаритів існуючих апаратів вимагає значних капітальних витрат. До того ж рівномірний розподіл газового потоку і створення умов для тісної взаємодії газової і рідкої фаз в апаратах великого перетину – важко вирішувана задача.

З цієї причини технічна думка наполегливо працює над рішенням проблеми інтенсифікації уловлювання бензолових вуглеводнів у напрямі створення високоефективних і високопродуктивних апаратів невеликих габаритів.

На жаль важко передбачити, які із запропонованих конструкцій абсорберів знайдуть широке вживання в коксохімічній практиці оскільки зараз деякі з них випробовуються в полупромислових і промислових умовах і результати цих випробувань ще не були узагальнені.

Технологічні схеми виділення бензолових вуглеводнів з поглинального масла. Виділення бензолових вуглеводнів з насиченого поглинального масла здійснюється в даний час на відчизняних коксохімічних заводах за двома основними схемами:

- 1) отримання сирого бензолу з відгоном 90-95% до 180°C;

2) отримання двох бензолів, з яких перший викіпає до 150°C , а другий в межах $150\text{-}200^{\circ}\text{C}$.

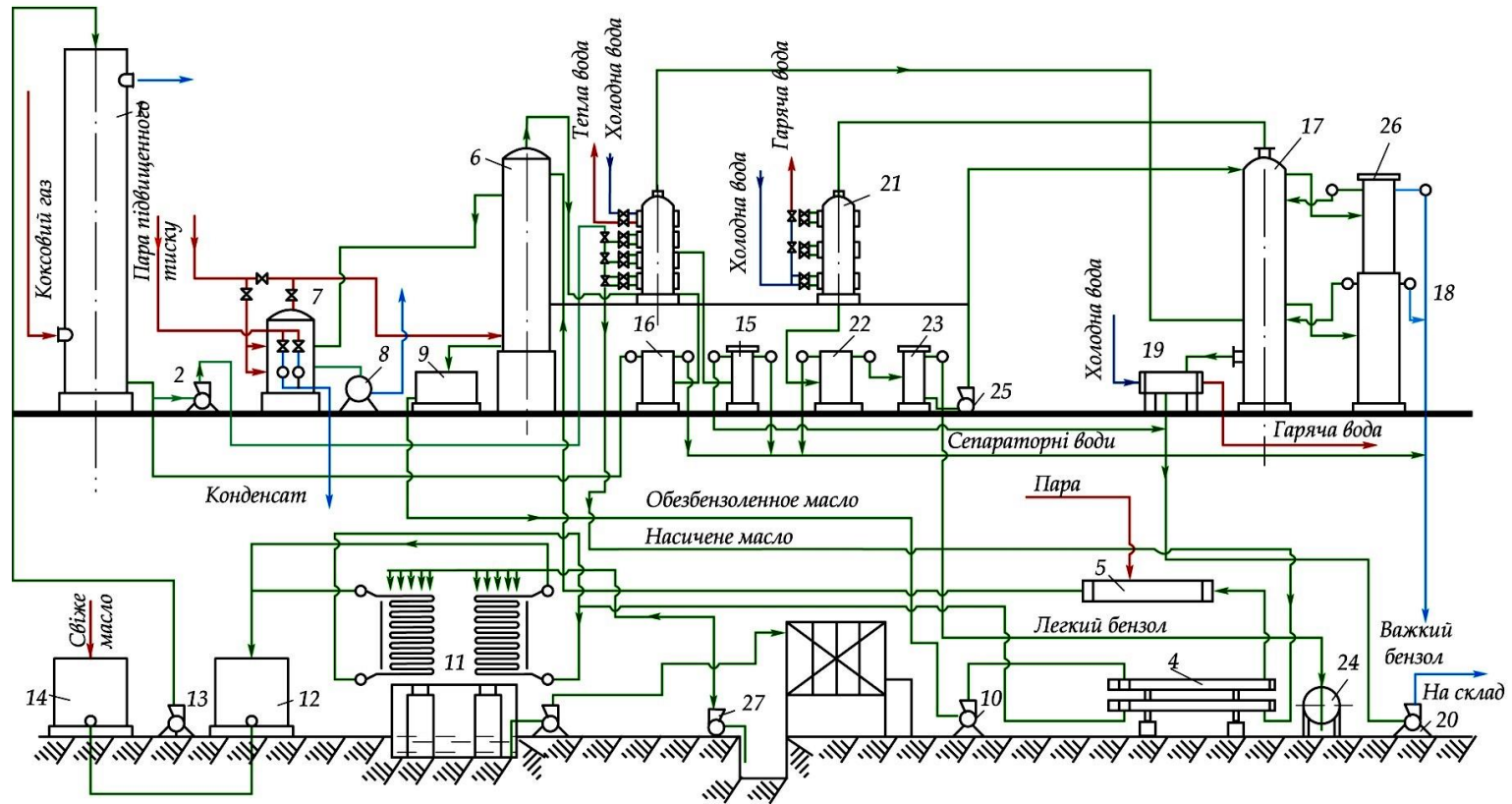
Незалежно від прийнятої технологічної схеми підігрів насиченого масла до колони проводиться в парових підігрівачах глухою парою, а дистиляція бензолових вуглеводнів з масла проводиться гострою парою. Для зменшення витрати пари для попереднього підігріву масла широко використовується теплообмін як між бензоловими і водяними парами і насиченим маслом, так і між гарячим обезбензоленим і насиченим маслом. Проведені за останні роки удосконалення конструкцій паромасляних і масляних теплообмінників дозволили довести температуру насиченого масла перед паровими підігрівачами до $80\text{-}90^{\circ}\text{C}$, за рахунок чого економиться до 40% загальних витрат пари на підігрів масла. Обидві схеми передбачають безперервну регенерацію частини поглинального масла причому на більшості заводів переважає паровий метод регенерації поглинального масла.

З вказаних вище двох схем друга є більш досконалою, оскільки при цьому значно спрощується послідовна переробка обох фракцій сирого бензолу [6]:

1) попередня ректифікація сирого бензолу стає зайвою. Після видалення з легкого бензолу головної (сірковуглецевої) фракції залишок є фракцією БТК (бензол - толуол - ксилол), придатною для хімічного очищення і послідовної ректифікації;

2) оскільки сольвент-нафта повністю зосереджена в II бензолі, то виділення її з нього набагато зручніше і економічніше, ніж з сирого бензолу, кількість якого значно більше II бензолу.

На рис. 1.3 приведена технологічна схема бензолового відділення системи Гіпрококса з отриманням двох бензолів. Насичене бензоловими вуглеводнями поглинальне масло з останнього по ходу масла бензолового скрубера відцентровим насосом 2 передається у відділення дистиляції, де воно послідовне проходить паромасляний теплообмінник-(дефлегматор) 3 теплообмінники для масел 4, паровий підігрівач 5 і поступає на третю, вважаючи зверху, тарілку бензолової дистиляційної колони 6.



1 – скруббер; 2,10,13,20,25 – насос; 3-дефлегматор; 4 – теплообмінники для мастила; 5 – паровий підігрівач; 6 – тарілка бензольної дистиляційної колони; 7 – регенератор; 8 – приймач; 9 – проміжний збірник; 11, 19 – холодильник; 12 – проміжна ємкість; 14 – збірник; 15, 16, 18, 22, 26 – сепаратор; 17 – відокремлююча колона; 21 – конденсатор-холодильник; 23 – рефлюксийний бачок; 24 – ємкість; 27 – градирня.

Рисунок 1.3 – Технологічна схема бензольного відділення для отримання двох гатунків бензолу

В дефлегматорі 3, який складається з чотирьох розташованих один над одним горизонтальних трубчаток насичене масло рухається по трубах трьох нижніх. трубчаток зверху вниз у напрямку протитечійному русі гарячої пари сирого бензолу, що поступає в міжтрубний простір дефлегматора з бензолової колони.

При цьому насичене масло нагрівається до 75-80°C. У верхній трубчатці пари сирого бензолу охолоджуються технічною водою. В масляних теплообмінниках за рахунок тепла гарячого обезбензоленого масла, що стікає з бензолової колони насичене масло додатково підігрівається до 85-95°C. В паровому підігрівачі масло нагрівається до 125-135°C. Нагріте до цієї температури насичене поглинювальне масло поступає в бензолову колону, де за допомогою гострої пари з нього відганяються бензолові вуглеводні також деяка частина самого поглинювального масла (легкі погони).

Частина масла (не більше 1,0-1,5%) з колони безперервно поступає в регенератор 7. Нагріте до 165-175°C воно з допомогою гострої пари відділяється від шламу і смолянистих речовин (полімерів), що відводяться в приймач 8. Обезбензолене масло з колони 6 поступає в проміжну збірку 9, звідки насосом 10 подається в зрошувальні холодильники 11, пройшовши заздалегідь масляні теплообмінники 4, віддаючи при цьому частину свого тепла насиченому маслу.

Охолоджене обезбензолене масло поступає в проміжну місткість 12, звідки відцентровим насосом 13 вертається в цикл уловлювання бензолових вуглеводнів з коксового газу. У міру потреби в цикл оборотного масла добавляється свіжіше масло із збірки 14.

Масло охолоджується оборотною технічною водою. Суміш пари бензолових вуглеводнів, поглинювального масла і води частково конденсується в дефлегматорі 3, утворюючи флегму. Досвід роботи бензолових відділень показав, що при роботі на кам'яновугільному поглинювальному маслі флегма яка утворюється дуже погано відстоюється від води через близькість їх питомих терезів. У зв'язку з цим з дефлегматора відбираються дві флегми: у

верхній частині з питомою вагою менше одиниці і в нижній частині з питомою вагою більше одиниці. Для цієї мети служать два сепаратори 15 і 16. Важка флегма з сепаратора 16 передається в насичене масло, а легка флегма з сепаратора 15 приєднується до важкого бензолу.

Наявність двох сепараторів прискорює процес відстоювання флегми від води і виключає оводнення насиченого масла. При роботі на соляровому маслі встановлюється один сепаратор, оскільки флегма, що виходить, добре відстоюється від води. Що не сконденсувалися в паромасляному теплообміннику пари з температурою 93-94°C поступають в розділову колону 17, що служить для розділення сирого бензолу на дві фракції: легкий бензол (I бензол) і важкий бензол (II бензол). Розділова колона складається з двох частин: верхньої ректифікації і нижньої випарної або вичерпної. З нижньої тарілки частини ректифікації колони в рідкому вигляді відводиться важкий бензол, що поступає для відділення від води в сепаратор 18 звідки він повертається на верхню тарілку випарної частини колони. На тарілках цієї частини колони були укладені змійовики, куди подається глуха пара. Крім того в цю частину колони була передбачена подача гострого пару.

Під дією тепла глухої і гострої пари з важкого бензолу відганяються легкі погони, які разом з потоком пари відводяться у верхню - ректифікацію - частина колони. Внизу випарної частини розділової колони температура підтримується на рівні 150-152°C. Важкий бензол з нижньої частини колони поступає в холодильник 19, звідки насосом 20 перекачується на склад.

З верхньої частини розділової колони пари легкого бензола при температурі 86-87°C відводяться в конденсатор-холодильник 21, з якого конденсат стікає в сепаратор 22. Після відділення від води легкий бензол стікає в рефлюксний бачок 23 і звідти в місткість 24. Для зміцнення складу пари, що відводиться з верху розділової колони, на верхню тарілку останній подається холодне зрошування (рефлюкс) у вигляді легкого бензолу, відбіраного насосом 25 з рефлюксного бачка 23. Кількість зрошування визначається з теплового

балансу колони. У виробничій практиці звичайне відношення між кількістю відбираного продукту і що подається на верх колони зрошуванням складає 1:3.

Під дією холодного зрошування, що подається на верх-розділової колони, відбувається інтенсивна конденсація не тільки висококиплячих з'єднань сирого бензолу, але і пару води. Щоб уникнути оводнення зрошування верхня тарілка розділової колони влаштовується глухій по рідині, тобто що нагромадилася на ній рідина не стікає безпосередньо на нижчележачу тарілку, а відводиться бічним штуцером в сепаратор 26 звідки після відстоювання від води повертається на другу (вважаючи зверху) тарілку розділової колони [7].

Всі сепараторні води відводяться у фенолову каналізацію. Після відстоювання від маслянистих і механічних забруднювачів ця вода подається на гасіння коксу. Технічна вода, що використовується для охолодження пари в паромаслянистому теплообміннику (дефлегматорі), конденсаторі і для охолодження обезбензоленого масла в зрошувальних холодильниках, знаходиться в замкнутому циклі. Нагріта вода поступає на охолодження в градирню 27, з басейну якої вона знову поступає у відповідну апаратуру.

За останні роки в бензолових відділеннях деяких вітчизняних і зарубіжних коксохімічних заводів застосовують вогняний підігрів насиченого поглинювального масла, здійснюваний в обігриваючих коксівним або доменним газом трубчастих печах. Досвід роботи подібних установок дозволяє вважати вживання вогняного нагріву поглинювального масла вельми ефективним і доступним засобом інтенсифікації роботи дистиляційних установок. Вживання вогняного підігріву масла дозволяє [7]:

- 1) різко скоротити витрату пари на 1кг сирого бензолу до 180°C;
- 2) збільшити ступінь відгонки сирого бензолу з масла, що при вживанні парового підігріву сполучено з різким зростанням витрати пари;
- 3) зменшити об'єми десорбційної і конденсаційної апаратури у зв'язку із скороченням об'єму пари і цим понизити витрату металу на її виготовлення;
- 4) зменшити витрату води споживаної для конденсації в основному водяної пари і охолодження водяного конденсату.

Враховуючи велику економію у витраті пари при вживанні вогняного підігріву масла (в порівнянні з існуючими на даний момент нормами витрати пари в бензольно-скрубєрному відділенні за наявності трубчастої печі скорочується в 2,7 рази, значно менша витрата поглинаючого масла (майже в 3 рази), а також поліпшення якості сирого бензолу як по вмісту відгону до 180°C (не менше 95%), так і за вмістом в ньому нафталіну слід вважати промислові установки звичайного типу менш вигідними в експлуатації як по економічним показникам, так і якості одержуваної продукції. Оскільки висока витрата пари в сучасних бензольних відділеннях значною мірою обумовлює високу ціну сирого бензолу, те зменшення цієї витрати є вельми важливою проблемою яка може бути вирішеною як шляхом більш повного використання тепла стікаючого з колони масла, так і збільшенням температури нагріву масла перед десорбцією. Для окремих заводів зокрема для тих які випробовують недолік пари і мають надлишок коксівного газу, зменшення витрати пари може бути досягнуто установкою трубчатих печей замість парових підігрівачів.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Викиди шкідливих речовин в атмосферу на підприємстві ВАТ «Дніпрококс»

Відповідно до інвентаризації забруднюючих речовин в атмосфері кількість і склад шкідливих викидів приведений в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Перелік забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу

№ пп	Найменування шкідливої речовини	ГДК м.р., ГДК с.с., мг/м ³	Клас небезпеки	Потужність викиду, т/рік
1	2	3	4	5
1.	Пил вугільних концентратів	0,11	-	71,45
2.	Пил неорганічний з соди. SiO ₂	0,15	3	207,6
3.	Оксид вуглецю	5	5	1493,5
4.	Діоксид сірки	0,5	3	1935,7
5.	Двоокис азоту	0,085	2	397,4
6.	Сажа	0,15	3	72,232
7.	Аміак	0,2	4	294,3
8.	Сірководень	0,008	2	23,907
9.	Ціаністий водень	0,01	2	49,689
10.	Сірковуглець	0,03	2	0,665
11.	Піридин	0,08	2	1,977
12.	Сірчана кислота	0,3	2	0,186
13.	Бензол	1,5	2	175,3
14.	Фенол	0,01	2	19,083
15.	Нафталін	0,003	4	9,735

1	2	3	4	5
16.	Толуол	0,6	3	0,204
17.	Ксилол	0,2	3	0,025
18.	Пил деревинний	0,1	-	0,847
19.	Пил сульфату амонія	0,2	3	6,013
20.	Пил соди	0,01	3	0,01
21.	Пил цементного виробництва	0,02	3	0,254
22.	Циклопентадієн	0,05	-	0,073
23.	Бенз(а)пирен	0,000001	1	0,0065
	Разом:			4759,24

2.2 Структура підприємства ВАТ «Дніпрококс»

Цех уловлювання. Призначення цеху полягає в тому, щоб рівномірно і безперебійно відсмоктувати газ з камер коксових печей, охолоджувати і транспортувати його через всю подальшу апаратуру цеху і цеху сіркоочистки до споживача газу – металургійного заводу ім. Петровського, витягуючи до встановлених норм з коксового газу цінні хімічні продукти коксування з отриманням певного виду продукції, напівфабрикатів і сировини для інших цехів і заводів (табл. 2.2-2.8).

Основною сировиною цеху уловлювання є коксовий газ – продукт коксування кам'яновугільної шихти в камерах коксових батарей. Коксовий газ містить в собі різні хімічні речовини, отримувані в результаті розкладання і піролізу кам'яного вугілля при високій температурі без доступу повітря.

Коксовий газ, що виходить з камер коксових печей, є «прямим» газом і містить в собі наступні основні хімічні речовини: смолу, бензоліві вуглеводні, феноли, піридинові підстави, аміак, сірководень та ін. Коксовий газ, що пройшов цех уловлювання, з якого витягують вищезгадані хімічні речовини коксування, є «зворотнім» газом і використовується як висококалорійне паливо, він може бути використаний для синтезу інших хімічних речовин. Питома вага

зворотного коксового газу коливається в межах 0,4 – 0,45 кг/м³, калорійність 4000 – 45000 ккал.

Для отримання готової продукції і напівфабрикатів цех застосовує в своїй технології реактиви, які по вимогах, що пред'являються їм, повинні відповідати всім показникам або технічним умовам.

Натр їдкий технічний (сода каустична) ГОСТ 22 63 – 79.

1. Вміст їдкого натрія (NaOH) не менше 45,5 %
2. міст Вуглекислого натрію не більше 1,1 %

Масло кам'яновугільне поглинювальне ТУ 14 – 6 – 117 – 77.

1. Вміст Не більше 0,5 %.
2. Вміст Нафталіну не більше 13,0 %.
3. Вміст Фенолів не більше 0,8 %.
4. Відгін 230 – 300°C не менше 90 %.

Регенована сірчана кислота цеху ректифікації по нормі, встановленою ПТО заводу повинна містити органічних сполук не більше 3 %.

Таблиця 2.2 – Кислота сірчана технічна ГОСТ 2184 – 77

Показники	Технічні марки		Регенована
	А	У	
1.Вміст моногідрата H ₂ SO ₄ ,не менш		92,5	91
2.Вміст заліза в %,не більш		0,02	0,2
3.Вміст оксидів азоту N ₂ O ₃ в %, не більш		-	0,01
4.Вміст залишку після прожарення в %, не більш		0,05	0,4

Готовою продукцією цеху уловлювання є кам'яновугільна смола, що отримується в результаті охолодження коксового газу і конденсації речовин, що становлять, у відділенні конденсації. Сульфат амонію отримують в результаті уловлювання розчином сірчаної кислоти аміаку з коксового газу в сульфатному відділенні. Піридинові підстави, отримують в результаті

виділення їх з маткового розчину сатураторів сульфатного відділення.. Феноляти натрію, отримують в результаті видобування лугом фенолів із стічних побутових вод відділення конденсації. Смола важка, отримується з кислого смоління сульфатного відділення. Сирий бензол – напівфабрикат, що отримується в результаті уловлювання кам'яновугільним поглинальним маслом бензолових вуглеводнів з коксового газу в бензолових скруберах.

Таблиця 2.3 – Сульфат амонія, три марки: А, Б, В

Найменування показника	Норма для марок В
1. Зовнішній вигляд	Кристали слабоокрашені
2. Масова частка азоту в перерахунку на сухе речовина %, не менше	21
3. Масова частка долі %, не більш	0,3
4. Масова частка вільної сірчаної кислоти %, не менше	0,05
5. Масова частка нерозчинних домішок %, не більш	0,05
6. Розсипчастість %	100

Таблиця 2.4 – Смола кам'яновугільна для переробки

Найменування показника	Значення для марок і сортів			
	А		У	
	Іс.	Пс.	Іс.	Пс.
1. Щільність при 200°С, кг/м ³ , не більш	1200	1220	1200	1240
2. Масова частка води % не більш	3,0	4,0	3,0	4,0
3. Масова частка речовин, нерозчинних у толуолі (-фракція) %, не більш	8	11	-	-
4. Масова частка речовин, не розчинних у хіноліні (фракція) %, не більш	3	4	-	-
5. Зольність % не більш	0,08	0,10	0,08	0,10

Таблиця 2.5 – Смола кам'яновугільна

Найменування показника	Норми марок	
	А	Б
1. Щільність при 200°C, кг/м ³ , не більш	1220	1240
2. Масова частка води %	4	7
3. Умовна в'язкість С1030, в межах	2 – 20	2 – 40
4. Масова частка речовин, не розчинних в толуолі %, не більш	13	-
5. Масова частка нафталіну % не більш	10	-
6. Масова частка золи %	-	0,25

Таблиця 2.6 – Піридинові основи

Найменування показників	Норми
1. Щільність при 200°C, кг/м ³ , не більш	1015
2. Масова частка води, % не більш	13
3. Масова частка піридинових підстав в загальній пробі, % не менше	63
4. Об'ємна частка водяного шару, що відшарувався % не більш	2

Таблиця 2.7 – Феноляти

Найменування показника	Марка Б
1. Зовнішній вигляд: прозора рідина, що не містить осаду і зважених частинок	
2. Масова частка води 100% фенолів % не більш	15
3. Масова частка вільного луку % не більш	8

Таблиця 2.8 – Смола важка з кислого смоління уловлювання для дорожнього будівництва

Найменування показника	Норма	
	СТУ – 3	СТУ – 2
В'язкість, С1020	20 – 70	5 – 20
2. Масова частка води % не більш	5	5
3. Фракційний склад, масова частка %		
до 1700°С, не більш	1,5	1,5
до 2700°С, не більш	20	20
до 3000°С, не більш	30	30
4. Температура розм'якшення залишку після відбору фракції, °С, не більш	120	120
5. Масова частка нафталіну % не більш	7	9
6. рН водної витяжки, не менше	6	6
7. Масова частка речовин, розчинних у воді % не більш	8	8

Напівфабрикати і відходи виробництва:

- Сирий бензол ТУ 14 – 6 – 3 – 91 відгін до 1800°С не менше 91% передається цеху ректифікації.
- Відходами виробництва цеху є фуси – продукт уловлювання вугільного пилу.
- Кисле смоління – продукт взаємодії органічних речовин з сірчаної кислоти. Використовується для виробництва смоли дорожньої.

Склад цеху уловлювання. Цех уловлювання складається з п'яти основних відділень: машинно-конденсаційного, сульфатного, піридинового, обесфенолового, бензолово-скруберного.

Кожне з цих відділень зв'язане між собою певними умовами технологічного режиму і взаємодіями в процесі виробництва.

Оскільки темою основної частини кваліфікаційної роботи є вдосконалення схеми очищення коксового газу від бензолу, розглянемо технологічні процеси бензолово-скрубєрного відділення.

Бензолове відділення. Бензолове відділення складається з наступних ділянок: кінцевого охолодження коксового газу, скрубєрного і дистиляційного і призначаються для уловлювання бензолових вуглеводнів з коксового газу за допомогою кам'яновугільного поглинального мастила.

Початковою сировиною бензолового відділення є коксовий газ, який після уловлювання з нього кам'яновугільної смоли у відділенні конденсації, містить 36 – 40 г/м³ бензолових вуглеводнів, частина легкої смоли і нафталіну.

Кам'яновугільне поглинальне масло, яке є продуктом розгону кам'яновугільної смоли в смолоперероблюючих цехах, бере участь в процесі уловлювання бензолових вуглеводнів і частково при цьому втрачається, тому поглинальне масло можна зарахувати до сировини, за допомогою якої уловлюється бензолові вуглеводні.

Згідно технічним умовам, кам'яновугільне поглинальне масло має бути наступної якості: питома вага 1,05 – 1,07, вміст води не більше 0,5%, вміст фенолів не більше 0,8%, вміст нафталіну не більше 13% і не повинно мати осаду при температурі +15°C.

При розгоні поглинального масла, відгону до 2300°C не повинно бути більше 2%, а 3000°C – не менше 90%.

В'язкість масла має бути не вище 30°C по Енґлеру при 500°C.

В результаті уловлювання бензолових вуглеводнів з газу поглинальним маслом і виділення їх як мастила одержують готовий продукт – сирий бензол, який є сировиною цеху ректифікації.

Сирий бензол є складною сумішшю різних хімічних сполук, головними з яких є бензол, толуол і ксилол. Як домішки в сирому бензолі міститься деяка кількість фенолів, піридинових підстав, неграничних з'єднань вуглеводнів (кумарону і його гомологів), сірчистих з'єднань (сірковуглецю, тіофену,

меркаптанів) і частина легких погонів поглинювального масла. Вихід бензолу від сухої шихти коливається в межах 0,9 – 1,2%.

Сирий бензол є жвавою жовтуватою рідиною з різким неприємним запахом, питомої ваги 0,885 – 0,89.

Сирий бензол отруйний, легко займистий, а його пар в повітрі може створювати вибухонебезпечну суміш.

Вміст в сирому бензолі чистих продуктів коливається бензолу 65 – 70%, толуолу 13 – 15%, ксилолу 2,3 – 3%, сірковуглецю 0,6 – 0,8%, легких погонів поглинювального масла до 5%.

Кількість сирого бензолу визначається кількістю його відгону до температури 1800°C. Згідно технічним умовам, відгін сирого бензолу до 1800°C має бути не менше 91%.

Напівпродуктами або цінними відходами виробництва сирого бензолу можуть бути: полімери – продукт регенерації поглинального масла.

Полімери – важкі погони і це продукт полімеризації поглинювального масла.

Питома вага полімерів коливається в межах 1,3 – 1,35 і мають відгін до 300 50 – 60%.

Сирий бензол є складною сумішшю хімічних сполук. Основні компоненти сирого бензолу – бензол, толуол, ксилоли, триметилбензоли. У рвигляді сумішей в незначній кількості містяться різні неорганічні з'єднання, наприклад, циклопентадієн, стирол, кумарол, іден і ін. У ще меншій кількості містяться сірчисті з'єднання, головними представниками яких є сірковуглець і тіофен. У зовсім незначній кількості містяться феноли і піридинові підстави. Якщо уловлювання бензолу проводиться за допомогою поглинювального масла, то в сирому бензолі міститься ще деяка кількість легкокиплячих погонів поглинального масла.

Склад сирого бензолу не є постійним і залежить від складу коксованої вугільної шихти і технологічних умов коксування.

Вміст сирого бензолу в газі коливається в межах 25-37 г в м³ і відповідно цьому вихід сирого бензолу складає 0,75-1,1% від сухої шихти.

Сирий бензол є прозорим, легкоподвижна рідина слабожовтого кольору. При зберіганні сирий бензол швидко темніє, внаслідок окислення і полімеризації неграничних з'єднань в смолянисті речовини, які розчиняються в бензолі і забарвлюють його. Сирий бензол значно легший за воду, практично в ній не розчиняється і легко від неї відстоюється.

Пари сирого бензолу з повітрям утворюють вибухову суміш при таких межах концентрацій: нижня межа – 1,4% за об'ємом, верхня межа – 7,5%.

Сирий бензол – легко займиста рідина, горить полум'ям, що коптить.

Щоб загасити бензол, що горить, слід повністю ізолювати його від доступу повітря або шляхом покриття поверхні бензолу, що горить, шаром густої піни (піногасіння) або, коли бензол горить в закритому приміщенні або в сховищі, шляхом подачі в приміщення водяної пари, вуглекислоти або пари аміаку. Вода для гасіння бензолу може бути використана лише у вигляді тонкого розпорошеного віяла.

Компоненти сирого бензолу знаходяться в коксовому газі у вигляді пари. Видобування їх з газу може бути проведено за допомогою твердих або рідких поглиначів, а також шляхом виморожування при підвищеному тиску.

2.3 Уловлювання сирого бензолу поглинальними маслами

У практиці уловлювання бензолових вуглеводнів з коксового газу рідкими поглиначами найбільше застосування отримали кам'яновугільне масло, що є продуктом перегонки кам'яновугільної смоли, і солярового масла, що отримується при розгоні нафти.

Поглинальне масло повинне володіти достатньою поглинальною здатністю, тобто добре розчиняти в собі бензол при звичайних температурах і малій концентрації його в газі, і при підігріві легко виділяти поглинений бензол.

Температура кипіння поглинального масла має бути значно вище за температуру кипіння компонентів сирого бензолу, щоб при відгоні в бензол потрапляла тільки незначна кількість масла. Масло не повинно розчинятися у воді, а питома вага його повинен значно відрізнятися від одиниці для швидшого відстоювання його від води.

В'язкість поглинального масла має бути порівняно невелика, оскільки завдяки цьому досягається рівномірне і вільне стікання його по насадці скрубера.

Теплоємність масла має бути низькою, щоб витратити менше тепла на його нагрівання при відгоні бензолу.

Масло не повинне утворювати з водою емульсій і повинно легко відстоюватися від води.

Як кам'яновугільне поглинальне масло застосовують фракцію кам'яновугільної смоли, википающую в межах 230 – 300°C. Для використання вказаної фракції як поглинач сирого бензолу вона заздалегідь піддається кристалізації для видалення антрацену і нафталіну, а також хімічному очищенню для видалення фенолів і пиридинових підстав.

Свіже кам'яновугільне масло повинне мати наступну характеристику [8]:

Питома вага.....	1,04-1,07
Вміст води.....	більше 0,5%
Відгін до 2300.....	не більше 5%
Википає в інтервалі.....	не менше 85%
Вміст фенолів.....	не більше 0,5%
Вміст нафталіну.....	не більше 10%
Масло не повинне давати осаду при охолодженні.....	до +10 ⁰

Вміст фенолів в поглинальному маслі обмежується вмістом того, що вони сприяють утворенню з водою емульсій, що важко розділяються, і швидкому підвищенню в'язкості масла. Випадання осаду може викликати відкладення на насадці скрубера, що створюють додатковий опір проходу газу. Нижня

температурна межа розгону масла свідчить про відсутність в ньому баласту у вигляді легкокиплячих погонів, які при дистиляції масла перейшли б в сирий бензол і збільшили б вихід сольвент-нафти.

Встановлення мінімального відгону до 3000 (85%) забезпечує тільки незначний зміст висококиплячих фракцій, що володіють підвищеною в'язкістю і схильних до освіти опадів.

Свіже солярове масло повинне мати наступну характеристику:

Питома вага.....	не більше 0,890
Температура застигання.....	не вище -20°C
Вміст води	не більше 0,2%
Початок кипіння	не нижче 2650
Відгін до 3500.....	не менше 95%
Розшаровування суміші з водою.....	повна
Відсутність механічних домішок	

Солярове масло володіє вищою температурою кипіння і тому втрати його при уловлюванні і відгоні бензолу менше, ніж втрати кам'яновугільного масла. Сирий бензол, уловлений соляровим маслом, володіє великим відгоном до 1800, чим бензол, уловлений кам'яновугільним маслом.

Кам'яновугільне поглинальне масло володіє тією перевагою перед соляровим, що воно є продуктом коксохімічного виробництва і його не потрібно, тому транспортувати здалеку.

Отримання сирого бензолу з насиченого поглинального масла здійснюється у відділенні дистиляції бензолового цеху уловлювання, яке в своїй роботі взаємозв'язане з скрубєрним відділенням.

Виділення бензолових вуглеводнів з насиченого ними поглинального масла з отриманням сирого бензолу засновано на різниці температур кипіння: температура кипіння бензолових вуглеводнів (при нормальному тиску) нижче 180°C , а компонентів масла вище – кам'яновугільного 230°C , а нафтового 265°C . Насиченим маслом є розчин бензолових вуглеводнів в маслі, тобто

суміш взаєморозчинних речовин. Температура кипіння цієї суміші залежить від концентрації і температури кипіння компонентів.

Виділення бензолових вуглеводнів з насиченого масла з отриманням сирого бензолу здійснюється дистиляцією. Вміст бензолових вуглеводнів в насиченому маслі дуже мало і складає всього 2 – 3 %. Отже, поглинальне масло є основним компонентом в суміші. Згідно закону Генрі – Дальтону, температура кипіння бензолових вуглеводнів за цих умов значно зростає, тому повне їх виділення з масла можливо тільки при 250 – 300°C.

2.4 Техніко-економічне обґрунтування проєктних рішень

Збільшення виробництва металургійного коксу на коксохімічних заводах спричиняє за собою відповідне збільшення вироблення коксового газу, смоли, аміаку, сирого бензолу і інших коштовних хімічних продуктів коксування. Зростання виробництва металургійного коксу здійснюватиметься як за рахунок поліпшення використання потужностей підприємств, що діють, так і за рахунок будівництва нових реконструкцій і розширення наявних коксохімічних заводів. Це приведе до розширення і реконструкції хімічних цехів на основі нової техніки і максимальної інтенсифікації технологічних процесів.

Призначення цеху уловлювання полягає в тому, аби рівномірно і безперебійно відсисати газ з камер коксових печей, охолоджувати і транспортувати його через всю подальшу апаратуру цеху і цеху сіркоочистки до споживача газу – металургійного заводу ім. Петровського, витягуючи коштовні хімічні продукти коксування із здобуттям певного вигляду продукції, напівфабрикатів і сировини для інших цехів і заводів.

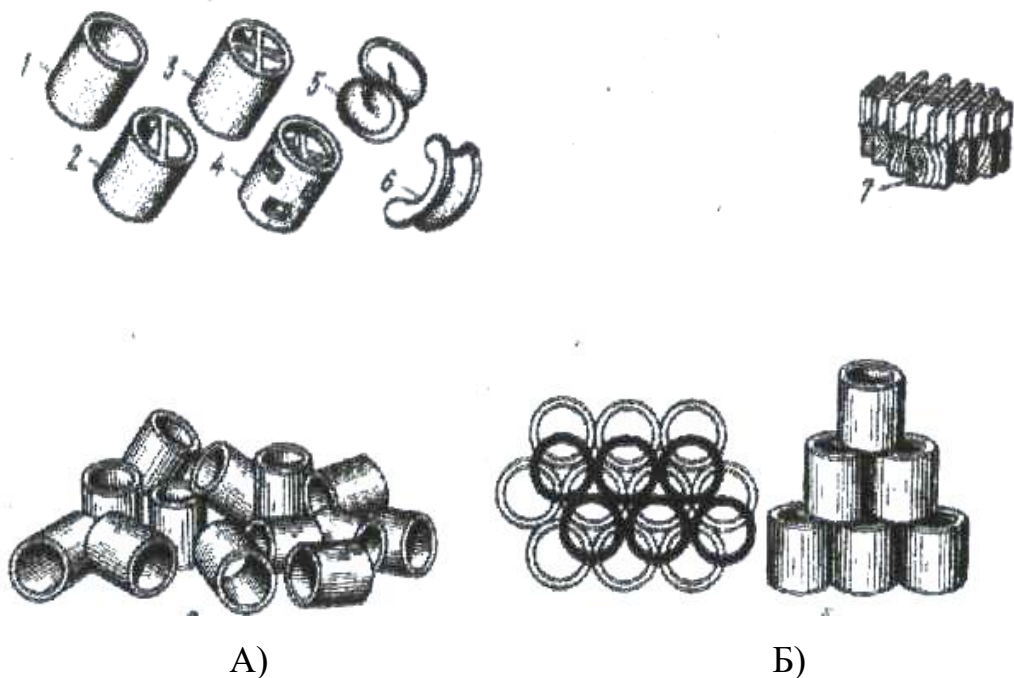
В результаті уловлювання бензолових вуглеводнів з газу поглинальним маслом і виділення їх з масла отримують готовий продукт – сирий бензол, який є сировиною цеху ректифікації.

Сирий бензол є складною сумішшю різних хімічних сполук, головними з яких є бензол, толуол, ксилол. На вигляд він є рідиною жовтуватого кольору з

характерним різким запахом. Горить сирий бензол полум'ям, що сильно коптить, пари його вибухонебезпечні. Концентрація бензолу в повітрі понад 24 мг/л небезпечна для життя людини, концентрація 64 мг/л смертельна навіть при дії протягом 5 хвилин. ГДК бензолу – 1,5 мг/м³.

Скрубери, в яких виробляється поглинання пари сирого бензолу поглинальним маслом, є вертикально встановленими циліндровими апаратами, зварними або клепанними, з листового заліза завтовшки від 8 до 12 мм. Діаметр скруберів досягає 5,5м, висота – 42 м.

Для створення поверхні контакту між газом і маслом скрубери заповнюють насадкою (рис. 2.1) з матеріалу з великою питомою поверхнею (питомою поверхнею називається поверхня, що міститься в 1м³ зайнятого насадкою об'єму).



А - засипка кілець навалом; Б - укладання рядами;

1- керамічні кільця Рашига; 2 - кільця з перегородкою; 3 - кільця з хрестоподібною перегородкою; 4 - кільця Палля; 5, 6 - сідла; 7- хордова насадка.

Рисунок 2.1 – Типи насадок

Скрубери розрізняють по конструкції зрошувального пристрою, типові насадки, призначеної для створення необхідної поверхні контакту між газом і поглиначем (поглинальним маслом) і наявності подскрубберного збірки для прийому поглинача.

На Дніпрококсі встановлені бензоліві скрубери з дерев'яною хордовою насадкою (рис. 2.2).

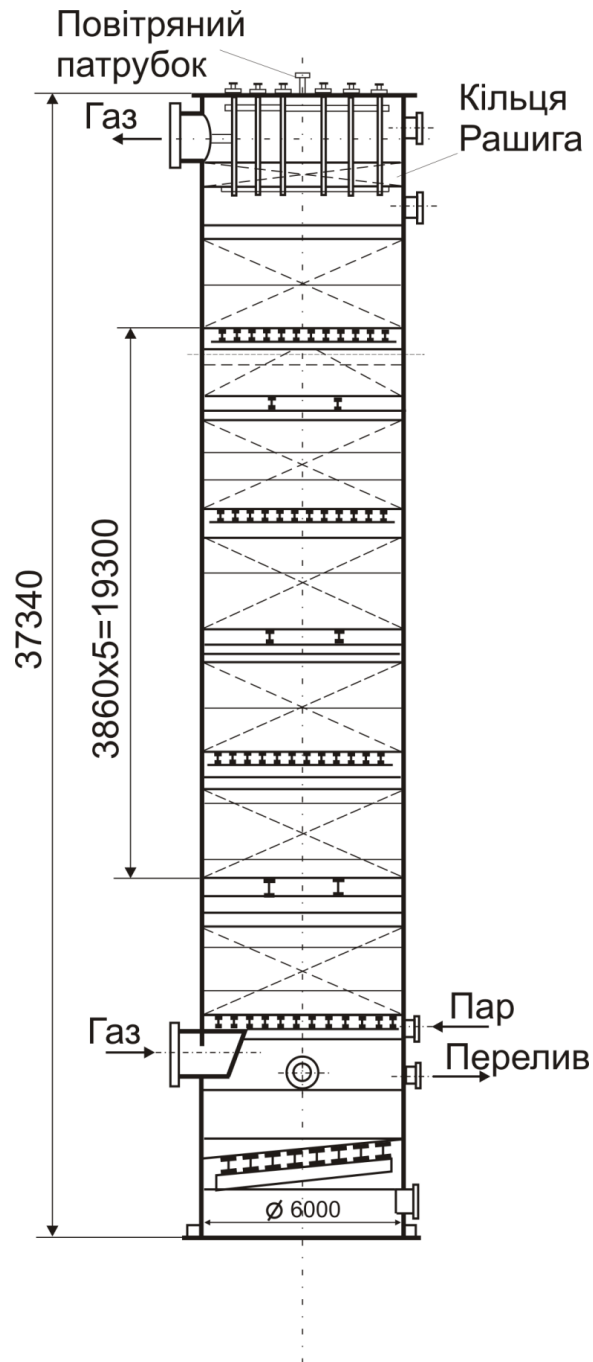


Рисунок 2.2 - Скрубер з дерев'яною хордовою насадкою

Для виготовлення дерев'яної хордової насадки зазвичай застосовують соснові дошки, що не згорають, завтовшки 10 – 12,5 мм, шириною 100-120 мм. Насадка укладається в скрубєр кругами, діаметр яких декілька менше діаметру скрубєра; кожен круг насадки для зручності збірки і укладання його в скрубєр складається з окремих пакетів. Пакети збираються шляхом укладання на ребро пачки планок з дерев'яними прокладками з дощочок розміром 100×100 мм завтовшки 20 – 25 мм; таким чином, створюється відповідний зазор (20 – 25 мм) між сусідніми планками, призначений для проходу газу в скрубєрі.

По краях пакету укладаються на ребро опорні планки тієї ж довжини, але з дощок завтовшки 25 мм і шириною 130 – 150 мм. Потім пачки планок і прокладок скріплюються в пакет, при допомозі яких пропущених крізь них залізних болтів з гайками в кінцях.

Опір проходу газу рівний 196 – 294 Па на 10 м висоти насадки. Останніми роками значно збільшилися масштаби коксування і, отже, об'єм коксового газу, підлягає переробці. Тому бензоліві скрубєри з хордовою насадкою стають дуже громіздкими і малоефективними. Запропоновані нові конструкції скрубєрів, що відрізняються значним зниженням габаритів і ефективнішими пристроями. До них відносяться: скрубєри безнасадочні з форсунками, з плоскопаралельною насадкою, з хвилястою, апарати тарілчастого типу.

Повна заміна скрубєрів на нові економічно не доцільна, тому у кваліфікаційній роботі запропонована реконструкція існуючих скрубєрів шляхом заміни дерев'яної хордової насадки на ефективнішу металеву спіральну (рис. 2.3).

Насадка скрубєра зрошується поглинальним маслом, яке за допомогою розподільного пристрою рівномірно розподіляється по поперечному перетину скрубєра. Скрубєри діаметром 5,0 – 6,0 м зрошуються вісьма форсунками, прикріпленими до труб, які введені в скрубєри, через труби, приварені до кришки.

Коксовий газ входить в скрубєр через штуцер, рухається по насадці від низу до верху і виходить через верхній штуцер. Поглинювальне масло

подається в колектор зрошувального пристрою, зрошує насадку і стікає зверху вниз, поглинає з газу бензоліві вуглеводні і нафталін і виходить через нижній штуцер.

Для запобігання віднесенню поглинювального масла з коксовим газом над форсунками зрошувального пристрою встановлюється осушуюча насадка заввишки 300 – 700 мм з керамічних кілець або декількох кругів дерев'яної хордової насадки. При русі газу на осушуючій насадці поглинювальне масло змочує насадку і відділяється від газу. Осушуюча насадка укладається на опору, що складається з ґрат опорних балок і куточків.

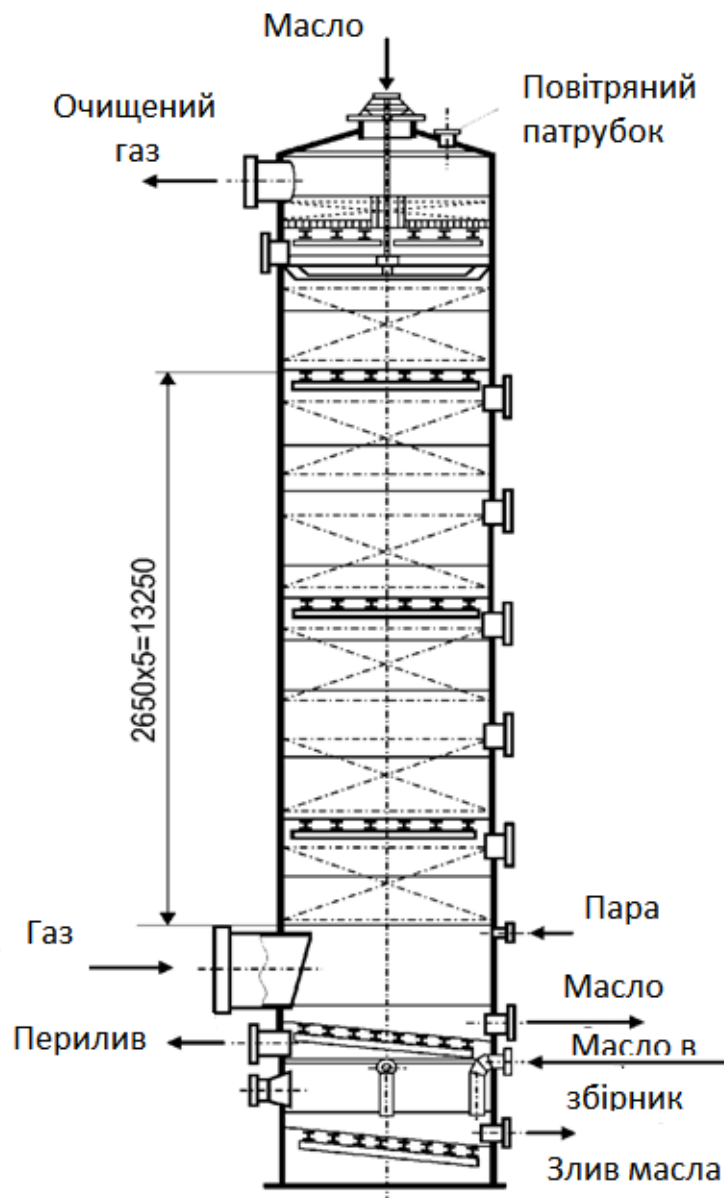


Рисунок 2.3 - Скрубер з металевою спіральною насадкою

Металева насадка із спіральної стрічки має ряд переваг, одне з яких - зменшення часу простою апарату в ремонті, підвищення продуктивності праці на 0,9%. Це у свою чергу знижує собівартість очищення газу, збільшує потужність установок за рахунок збільшення подачі коксового газу в 1,5 - 2 рази, що сприяє кращому очищенню газу від бензолу (до 97%) і, відповідно збільшує вихід товарного бензолу [9].

2.5 Технологічна схема бензолового відділення

Температура газу після сатуратора зазвичай не буває нижчою 65-70⁰С, а для уловлювання бензолових вуглеводнів в бензоловому відділенні необхідно, аби температура газу була не вища 25-30⁰, тому коксовий газ в бензоловому відділенні піддається охолодженню в кінцевих холодильниках (рис. 2.4).

Після сатуратора коксовий газ поступає в нижню частину кінцевого газового холодильника, а зверху подається вода, що охолоджує, яка охолоджує газ і вимиває з нього легку смолу, що сконденсувалася, і нафталін.

Після кінцевого газового холодильника газ поступає на бензолові скрубери, а вода з холодильника через гідрозасув поступає в промивач. У гідрозасув кінцевого газового холодильника під тиском подається гаряча смола, де через турбулентність потоку добре перемішується з водою і відмиває від води нафталін і легку смолу і разом з водою поступає в промивач. У промивачі смола і вода розшаровується, смола безперервно через телескоп самоплив поступає на сховищі №7, звідти насосом подається у відділення химустановки для подальшої обробки. Вода відстоюється від смоли, з промивача подається у відстійник, де відстоюється від захоплених з водою краплею смоли, потім подається в другий відстійник і вже після вторинного відстою подається насосом на градирню для охолодження.

З градирни охолодження вода потрапляє на кінцевий газовий холодильник, і все повторюється спочатку.

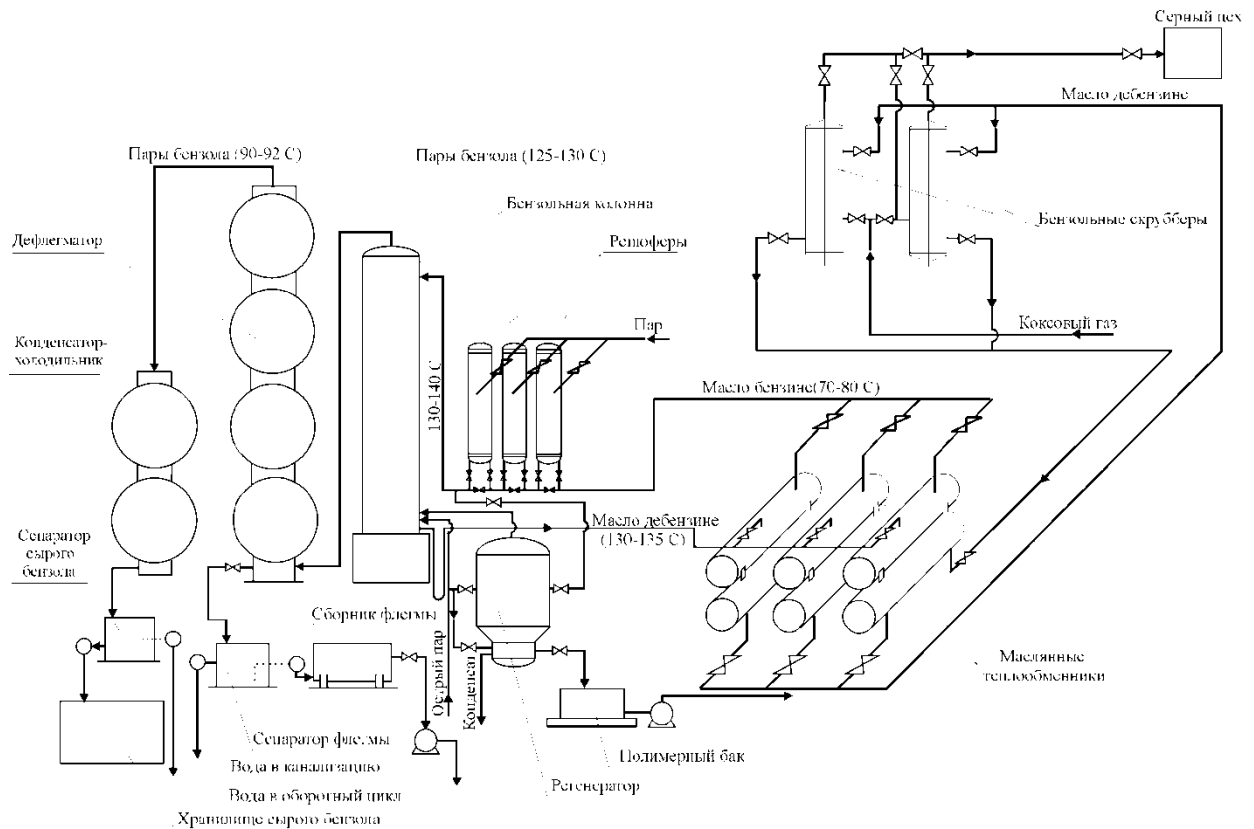


Рисунок 2.4 – Технологічна схема бензолового відділення

Коксовий газ з верхньої частини кінцевого газового холодильника з температурою $25-30^{\circ}\text{C}$ поступає в нижню частину бензолових скрубєрів, а виходить вгору і по стояку поступає в газовий колектор.

Газ проходить скрубєри, де зрошується кам'яновугільним маслом, звільняється від бензолових вуглеводнів і по газопроводу прямує в сірчаний цех для уловлювання з нього сірководня, а частина йде на опалювання коксових печей. Після сіркоочистки коксовий газ називається «зворотним» газом і поступає на металургійний завод як паливо.

Поглиналине масло подається на скрубєр протитечією зверху вниз, з останнього по ходу газу скрубєра на перший, насичуючись бензоловими вуглеводнями.

Насичене масло бензоловими вуглеводнями із збірки відцентровим насосом подається на бензолову колону для виділення з нього вуглеводнів (сирого бензолу).

Оскільки виділення бензолових вуглеводнів з масла виробляється шляхом їх випару при нагріві масла гострою парою, то по дорозі до бензолової колони масло піддається попередньому підігріванню.

В першу чергу масло підігрівається до температури 70-80⁰С в теплообмінниках за рахунок тепла обезбензоленого масла, що виходить з бензолової колони. Причому, масло, насичене бензоловими вуглеводнями, проходить міжтрубний простір теплообмінником, а обезбензолене масло після колони по трубах. Потім масло підігрівається до температури 130-140⁰С в парових підігрівачах (решоферах) глухою парою і поступає на третю тарілку зверху бензолової колони.

У бензоловій колоні масло по тарілках стікає вниз, а знизу подається гостра пара, яка випарює сирий бензол і деяку кількість легких погонів поглинювального масла.

Пари після бензолової колони з температурою 125-129⁰С поступають на дефлегматор, де охолоджуються до температури 90-92⁰С, а потім прямують в конденсатор-холодильник.

При охолодженні пари в дефлегматорі, з нього конденсуються легкі погони поглинювального масла, частина водяної пари і бензолових вуглеводнів. Цей конденсат прямує в сепаратора, де відбувається розділення води від легких погонів масла (флегми).

Флегма, що містить велику кількість сирого бензолу прямує на всмоктування насоса, що подає масло «бензине» на колону, а сепараторна вода, що містить деякі домішки хімічних речовин прямує в цикл кінцевого охолодження.

Обезбензолене поглинальне масло після бензолової колони з температурою 130-135⁰С поступає на теплообмінники, де охолоджується маслом, насиченим бензолом.

Із збірки масло відцентровим насосом забирається і проштовхується через труби апаратів АВЗ і холодильників типа ТКВ, де охолоджуються до

температури 32-36⁰С і іншим відцентровим насосом подається на зрошування останнього по ходу газу бензолowego скрубера.

Оскільки поглинальне масло в процесі виробництва сирого бензолу піддається неодноразовому нагріву, то частина його полімеризується, утворюючи висококиплячі з'єднання, які збільшують в'язкість масла і погіршують його поглинювальну здатність. Таким чином, для його поповнення вводиться свіже масло, яке подається в масло, що насичене бензолowymi вуглеводнями, поступає на бензолу колону.

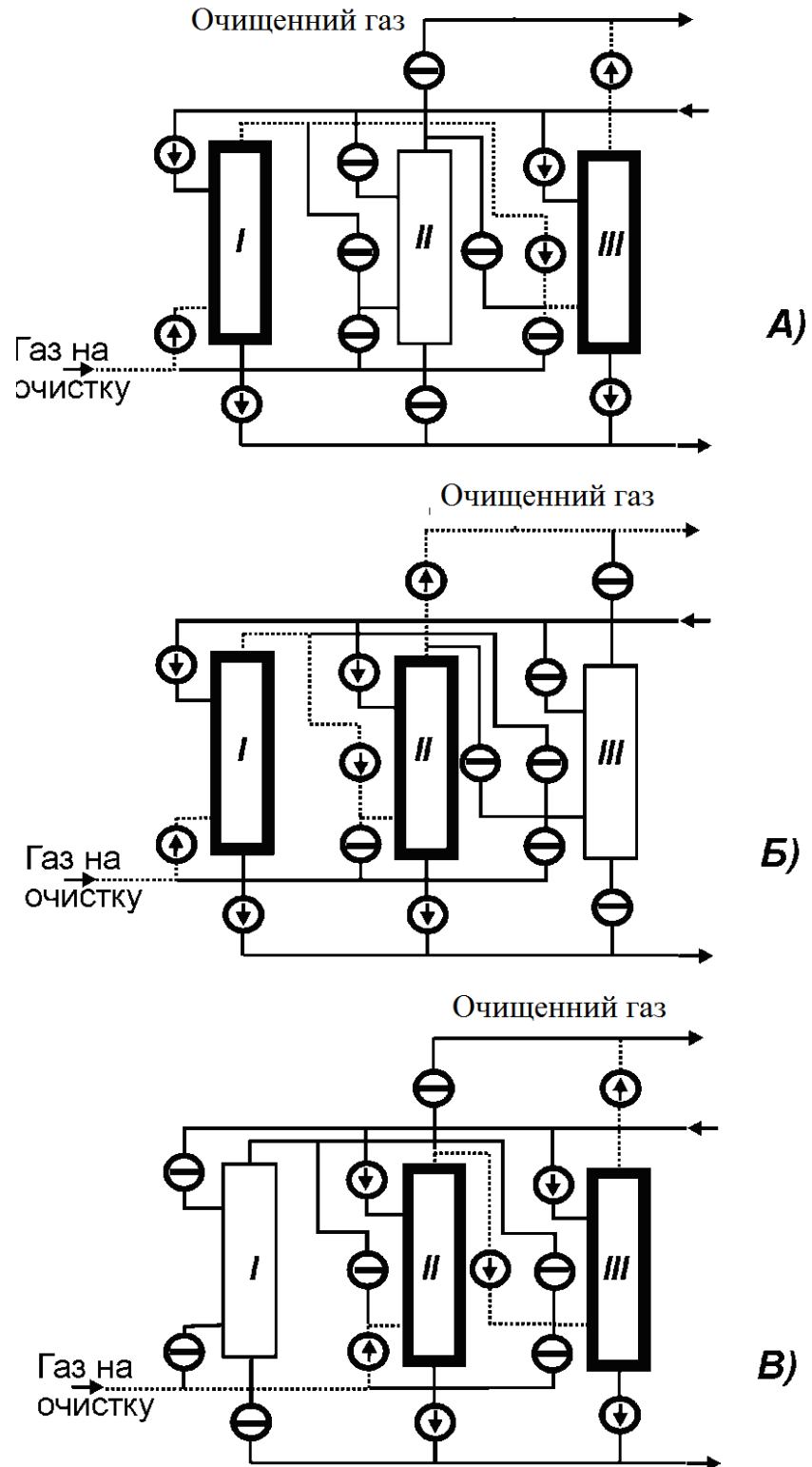
Технологічна схема бензолowego відділення, зокрема, схема підключення скруберів має ряд недоліків, що впливають на якість очищення газу, технологічність ремонту скруберів, безупинне промивання або заміну насадки. В разі зупинки одного із скруберів очищення газу може здійснюватися лише в одну стадію (одноступінчато). Для виключення вказаних недоліків в технологічну схему необхідно включити додатково третій скрубер і змінити схему їх включення. На рис. 2.5 представлена запропонована схема включення трьох скруберів, що дозволяє виробляти двухступенчасте (послідовну) очищення коксового газу при відключенні будь-якого з трьох скруберів.

Апаратура і устаткування бензолowego відділення. *Кінцевий газовий холодильник №2* – призначений для кінцевого охолодження коксового газу і є циліндровим апаратом діаметром 12,6 м і висотою 17,5 м. Усередині холодильника укладена плоскопаралельна металева насадка, а в нижній частині розташований смолопромивач. Діаметр смолопромивача 5 м, висота 16,2 м. Кінцевий газовий холодильник №1 діаметром 2,8 м, висота 36,54 м з 6 сітчастими тарілками. Продуктивність по газу – 100000 м³/год.

Бензолувий скрубер призначений для уловлювання бензолowych вуглеводнів з коксового газу поглинальним маслом. Є циліндровим апаратом діаметром 3,6 м і заввишки 32 м. Кількість скруберів – 2 (№ 1, 2).

У нижній частині скрубера розташовано днище із гідрозасувом для прийому поглинювального масла, , що стікає з насадки. Вище за днище

розташований штуцер для входу газу в скруббер, а зверху скрубера штуцер і стояк для виходу газу.



А - послідовне включення скруберів I-III, Б - послідовне включення скруберів I-II, В - послідовне включення скруберів II-III

Рисунок 2.5 – Схема включення бензолових скруберів

Бензолова колона – призначена для виділення бензолових вуглеводнів з поглинювального масла – є циліндровий апарат 3,6 м і заввишки 14 м. Усередині колони є 14 тарілок. При цьому дві верхні тарілки є такими, що осушують, і на них масло не подається. У нижній частині колони є ємність з гідрозасувом для прийому масла, що стікає з тарілок. Усередині місткості розташований барботер для подачі пару в колону. Продуктивність колони по маслу складає 180 м³/год.

Дефлегматор – призначений для відділення від пару сирого бензолу легких погонів масла і частини водяної пари і є трубчастим апаратом, типу ТКВ пов. 540м². У міжтрубному просторі рухається пар, а по трубах трубчаток вода, що охолоджує. У міжтрубному просторі рухаються охолоджені пари, а по трубах рідина, що охолоджує. Рух пари і рідини, що охолоджує, відбувається протитечею.

У нижній частині корпусу холодильника є сепаратор для розділення продукту, що сконденсувався, а у верхній частині кришка із штуцером для виходу пару.

Паровий підігрівач – решофер призначений для підігріву масла і є трубчаткою циліндрової форми з двома кришками. По трубах підігрівача проходить масло, а в проміжний простір поступає гріючий пар, підігрівач типу ТНГ пов. 480 м² – 2 шт., 1 шт. – 190 м². Ємність трубного простору – 3,2 м², міжтрубного, – 3,73 м².

Теплообмінник – призначений для теплообміну обезбензоленого і насиченого бензолом масла і є теплообмінниками типу ТНГ, 360 м².

Паровий регенератор – призначений для регенерації поглинювального масла, що знаходиться в обороті, і є циліндровим апаратом з складною конфігурацією днища і з сферичною кришкою. Усередині нижньої частини витонченої частини регенератора розташований трубчастий підігрівач для підігріву масла глухою парою, а в циліндровій частині регенератора є кільце для подачі масла, а в кришці регенератора – штуцер для виходу пару полімерів.

Для охолодження обезбензоленого масла використовують холодильник типу АВЗ. Поверхня теплообмінника 4000 м^2 , кількість секції – 6, умовний тиск – 6 кгс/см^2 . Тип електродвигуна – ВАСО – 16 – 34 – 24, потужність електродвигуна – 90 кВт., швидкість обертання – 250 об/хв.

Для доохолодження масла встановлені холодильники типу 1200 ТКВ, поверхня теплообміну 464 м^2 , ємкість трубного простору – $2,4 \text{ м}^3$, міжтрубного – $3,88 \text{ м}^3$, встановлений тиск 6 кгс/см^2 . У нижній частині, з одного боку холодильника, і у верхній частині з іншого боку, розташовані колектори для входу і виходу масла.

Масило поступає по трубах знизу холодильника і виходить зверху, а вода, що охолоджує, через зрошувальну систему зрошує зовні труби зверху і збирається в басейн під маслохолодильником.

2.5.1 Уловлювання сирого бензолу поглинальними маслами

У практиці уловлювання бензолових вуглеводнів з коксового газу рідкими поглиначами найбільше вживання отримали кам'яновугільне масло, що є продуктом перегонки кам'яновугільної смоли, і солярного масла, що отримується при розгоні нафти.

Гарне поглинальне масло повинне володіти достатньою поглинювальною здатністю, тобто добре розчиняти в собі бензол при звичайних температурах і малій концентрації його в газі, і при підігріванні легко виділяти поглинений бензол.

Температура кипіння поглинального масла має бути значно вище за температуру кипіння компонентів сирого бензолу, аби при відгоні в бензол потрапляла лише незначна кількість масла. Масло не повинно розчинятися у воді, а питома вага його повинна значно відрізнятися від одиниці для швидшого відстоювання його від води.

В'язкість поглинального масла має бути порівняно невелика, оскільки завдяки цьому досягається рівномірне і вільне стікання його по насадці

скрубера. Теплоємність масла має бути низькою, аби витратити менше тепла на його нагрівання при відгоні бензолу.

Масло не повинне утворювати з водою емульсій і повинно легко відстоюватися від води.

Як кам'яновугільне поглинальне масло застосовують фракцію кам'яновугільної смоли, википающую в межах 230 – 300⁰С. Для використання вказаної фракції як поглинач сирого бензолу вона заздалегідь піддається кристалізації для видалення антрацену і нафталіну, а також хімічному очищенню для видалення фенолів і пиридинових підстав.

Свіже кам'яновугільне масло повинне мати наступну характеристику [9]:

Питома вага.....1,04-1,07

Вміст води.....не більше 0,5%

Відгін до 2300.....не більше 5%

Википає в інтервалі.....не менше 85%

Вміст фенолів.....не більше 0,5%

Вміст нафталіну.....не більше 10%

Масло не повинне давати осаду при охолодженні....до +100

Вміст фенолів в поглинальному маслі обмежується вмістом того, що вони сприяють утворенню з водою емульсій, що важко розділяються, і швидкому підвищенню в'язкості масла. Випадання осаду може викликати відкладення на насадці скрубера, що створюють додатковий опір проходу газу. Нижня температурна межа розгону масла свідчить про відсутність у ньому баласту у вигляді легкокипящих погонів, які при дистиляції масла перейшли б в сирій бензол і збільшили б вихід сольвент-нафти.

Встановлення мінімального відгону до 3000 (85%) забезпечує лише незначний вміст висококипящих фракцій, що володіють підвищеною в'язкістю і схильних до освіти опадів.

Свіже солярове масло повинне мати наступну характеристику:

Питома вага.....не більше 0,890

Температура застигання..... не вище 200

Вміст води	не більше 0,2%
Початок кипіння	не нижче 2650
Відгін до 3500.....	не менше 95%
Розшарування суміші з водою.....	повна
Відсутність механічних домішок	

Солярове масло володіє вищою температурою кипіння і тому втрати його при уловлюванні і відгоні бензолу менше, ніж втрати кам'яновугільного масла. Сирий бензол, уловлений соляровим маслом, володіє великим відгоном до 1800, чим бензол, уловлений кам'яновугільним маслом.

Кам'яновугільне поглинальне масло володіє тією перевагою перед соляровим, що воно є продуктом коксохімічного виробництва і його не потрібно, тому транспортувати здалека.

Отримання сирого бензолу з насиченого поглинального масла здійснюється у відділенні дистиляції бензолового цеху уловлювання, яке в своїй роботі взаємозв'язане із скрубберним відділенням.

Виділення бензолових вуглеводнів з насиченого ними поглинювального масла з отриманням сирого бензолу засновано на різниці температур кипіння: температура кипіння бензолових вуглеводнів (при нормальному тиску) нижче 180°C , а компонентів масла вище – кам'яновугільного 230°C , а нафтового 265°C . Насичене масло є розчином бензолових вуглеводнів в маслі, тобто суміш взаємнорозчинених речовин. Температура кипіння цієї суміші залежить від концентрації і температури кипіння компонентів.

Виділення бензолових вуглеводнів з насиченого масла із отриманням сирого бензолу здійснюється дистиляцією. Вміст бензолових вуглеводнів в насиченому маслі дуже малий і складає всього 2-3 % (об'ємн.). Отже, поглинювальне масло є основним компонентом в суміші. Згідно закону Генрі – Дальтона, температура кипіння бензолових вуглеводнів за цих умов значно зростає, тому повне їх виділення з масла можливо лише при $250 - 300^{\circ}\text{C}$.

2.5.2 Концентрація бензолу в поглинальному маслі

Чим більше концентрація бензолу в поглинальному маслі, тим більше пружність його пари над маслом і, отже, рівноважна концентрація в газі. Тому швидкість абсорбції зменшується, а втрати із зворотним газом збільшуються. Чим більше молекулярна вага масла, тим більше молярна концентрація бензолу і, отже, тим гірше проходить уловлювання. Збільшення молекулярної ваги масла наводить до погіршення поглиняльної здатності масла. Солярове поглинальне масло володіє великою молекулярною вагою, чим каменновугільне (молекулярні ваги 230 і 170); аби молярні концентрації бензолу в них були однакові, необхідно, аби вагові концентрації були різні. Вагова концентрація бензолу у соляровому маслі завжди менша, ніж в каменновугільному. Це досягається збільшенням кількості масла, що знаходиться у звороті. Необхідні для поглинання однакових кількостей бензолу з газу кількості солярового і кам'яновугільних масел пропорційні їх молекулярним вагам, тобто 230:170 або 1,35:1. Практично кількість солярового масла на 30% перевищує необхідну кількість каменновугільного.

Для того, щоб пружність пари бензолу над маслом, що поступає на уловлювання, була мінімальною, вміст бензолу в маслі має бути малий і, як вище вказувалося, температура не висока.

Вміст бензолу в маслі, що поступає на уловлювання бензолу в скруберах, вагається зазвичай в межах 0,2 – 0,4%. Подальше зниження вмісту бензолу в маслі пов'язане із збільшенням витрати пари при відгоні бензолу з масла, із зменшенням в сирому бензолі відгону до 1800 і відповідно із збільшенням виходу сольвент-нафти і втрат масла.

Кількість масла, яке слід подавати на скрубєр, може бути визначена по формулі:

$$V (a_1 - a_2) = G (c_1 - c_2) \cdot d, \quad (2.1)$$

де V – кількість газу, м³/год;

a_1 і a_2 – початковий і кінцевий вміст бензолу в газі, г/м³;

G – кількість масла, л/год;

c_1 і c_2 – кінцевий і початковий вміст бензолу в маслі, см³/л;

d – питома вага бензолу, г/см³.

З приведеної формули виходить, що збільшенням кількості масла можна досягти зменшення вмісту у ньому бензолу і, отже, поліпшення уловлювання. Проте цей захід пов'язаний із збільшенням витрати пари при відгоні бензолу з масла і води при охолодженні масла. Зазвичай витрата масла в бензолових цехах в середньому у півтора рази більше теоретичного мінімуму і складає 1,5 – 1,7 л/м³ газу для кам'яновугільного масла і 2 – 2,2 л/м³ для солярового масла.

Чим нижче вміст бензолу в маслі, тим при вищій температурі можливе проведення процесу при збереженні одних і тих же втрат із зворотним газом.

2.5.3 Поверхня зрошування

Для того, щоб бензол перейшов з газу в масло необхідна певна тривалість контакту між ними. Ця тривалість досягається тим, що масло стікає по насадці скрубера зверху вниз, а газ, піднімаючись вгору, омиває змочену маслом поверхню насадки. Чим більше поверхня насадки, тим більше тривалість контакту між газом і маслом.

Величина поверхні зрошування представлена у вигляді так званої питомої поверхні (тобто поверхні в м² на 1м³ газу в годину). У міру збільшення значення питомої поверхні вплив її на зменшення втрат слабшає. Практичний досвід роботи показує, що норма поверхні 1,1- 1,3 м²/м³ газу в годину є достатньою для задовільного уловлювання бензолу (залишення не більш 2г бензолу в 1м³ газу після бензолових скрубєрів).

Поверхня насадки має бути чистою, аби і газ і масло рівномірно розподілялися по перетину скрубєра. Газ і масло повинні рухатися за принципом строгої протитечії, завдяки чому газ з великим вмістом бензолу

зустрічається з маслом, що володіє також підвищеною концентрацією бензолу. У верхній частині скрубера, де газ містить масло бензолу, він зрошується свіжим маслом, що також містить масло бензолу і що має тому ще більшу поглинювальну здатність.

Таким чином, уловлювання бензолу з газу вимагає дотримання наступних умов:

- 1) мінімального вмісту бензолу в маслі, що поступає на зрошування скруберів;
- 2) низької температури уловлювання;
- 3) достатньої кількості масла;
- 4) протитечії газу в масла;
- 5) достатній поверхні зрошування насадки для створення необхідного контакту між газом і маслом.

2.5.4 Кінцеве охолодження газу

Температура газу після сатуратора зазвичай не буває нижчою 50 – 55⁰, а інколи досягає 60 – 70⁰. Для успішного уловлювання бензолу температура газу має бути не вище 25⁰. Тому перед уловлюванням бензолу газ має бути підданий охолодженню. Це охолодження називається кінцевим, оскільки газ після нього на коксохімічному заводі більше не піддається охолодженню; холодильники, в яких відбувається це охолодження, називаються кінцевими.

Кінцеве охолодження газу виробляється в холодильниках безпосередньої дії з дерев'яною хордовою насадкою або з дірчастими полицями. Вода, що охолоджує, рухається в замкнутому циклі – після холодильника вона поступає на градирню, де охолоджується до температури 20– 25⁰, і потім знову подається в холодильник для охолодження газу.

Одночасно з охолодженням газу і конденсації частини водяної пари в кінцевому холодильнику відбувається також вимивання з газу нафталіну. Чим інтенсивніше виробляється зрошування кінцевого холодильника, і чим нижче

температура охолодження газу, тим повніше відбувається виділення нафталіну. Перед подачею води на градирню з неї має бути виділений нафталін. Інакше нафталін виділятиметься на насадці градирни і поступово засмітить її. Вода, що тому стікає з холодильника, раніше всього поступає у відстійник. Ємкість відстійника вибирається такою, аби тривалість перебування в ній води складала не менше 30 хвилин.

Нафталіновий відстійник для води з кінцевого холодильника - апарат безперервної дії. Нафталін, що накопичується у відстійнику, залежно від конструкції відстійника, може виводитися з нього різно. У одних конструкціях нафталін виводиться з поверхні води безперервно за допомогою механічного гребка або скребкового транспортера, в інших – періодично після виключення апарату, спуску з нього води і розплавлення нафталіну. Для цієї мети в конусній частині відстійника встановлюються парові змішувачі. Нафталінових відстійників в цьому випадку повинно бути не менше два, оскільки один з них періодично повинен вимикатися для очищення від нафталіну, що накопичився.

2.6 Розрахунок скрубера

Кількість газу – $V = 100\,000 \text{ м}^3/\text{год}$,

Загальна висота скрубера $D = 32\,000 \text{ мм}$,

Робочий тиск в колоні – 0,3 атм.

Продуктивність по маслу – $180 \text{ м}^3/\text{год}$

Приймаємо для розрахунку вміст бензолових вуглеводнів:

$C_1 = 35 \text{ г/м}^3$ – в прямому газі;

$C_2 = 2 \text{ г/м}^3$ – в зворотному газі;

$C_3 = 2,2\%$ – у насиченому маслі;

$C_4 = 0,2\%$ – у обезбензоленому маслі;

25°C – температура уловлювання.

При концентрації бензолових вуглеводнів в кам'яновугільному поглинальному маслі 2,2% рівноважна концентрація їх в газі при температурі 25⁰С складе 17 г/м³, концентрація 0,2 % відповідає величині 1,6 г/м³, тоді

$$\Delta p_1 = 62,5 \cdot ((0,035 - 0,017) \cdot (273 + 25)) / 83 = 4,04 \text{ мм рт.ст.} \quad (2.2)$$

де 62,5 – const;

83 – молекулярна маса бензолових вуглеводнів;

Δp_1 – рушійна сила абсорбції при вході газу в скруббер, мм рт.ст.;

Δp_2 – рушійна сила абсорбції на виході газу із скрубера, мм рт.ст.;

Δp – рушійна сила абсорбції, мм рт.ст.;

H_0 – коефіцієнт абсорбції, кг/м²год·мм рт.ст.

$$\Delta p_2 = 62,5 \cdot ((0,002 - 0,0016) \cdot (273 + 25)) / 83 = 0,09 \text{ мм рт.ст.} \quad (2.3)$$

$$\Delta p = (\Delta p_1 - \Delta p_2) / (2,31 \cdot \lg \Delta p_1 / \Delta p_2), \quad (2.4)$$

$$\Delta p = (4,04 - 0,09) / (2,31 \cdot \lg 4,04 / 0,09) = 1,04.$$

H_0 – приймаємо по нормативах, причому з підвищенням температури уловлювання значення H_0 також зростає.

Приймаємо $H_0 = 0,02$, тоді:

$$S = (0,001 \cdot (A_1 - A_2)) / (K_a \cdot \Delta p), \quad (2.5)$$

$$S = (0,001 \cdot (35 - 2)) / (0,02 \cdot 1,04) = 1,6 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

S – питома поверхня насадки, м²/м³;

A_1 – вміст бензолових вуглеводнів в прямому газі, г/м³;

A_2 – вміст бензолових вуглеводнів в зворотному газі, г/м³.

2.6.1 Конструктивний розрахунок параметрів насадки скрубера

Необхідна поверхня металевої насадки при питомій нормі $1,3 \text{ м}^2/\text{м}^3$ для даної продуктивності по коксовому газу складе:

$$1,3 \cdot 100\,000 = 130\,000 \text{ м}^2.$$

Загальна поверхня 1 м^3 насадки – 130 м^3 , тоді необхідний об'єм насадки:

$$130000/130 = 1000 \text{ м}^3.$$

Загальна висота насадки:

$$H = (1000 \cdot 4) / (52 \cdot 3,14) = 51 \text{ м}.$$

2.6.2 Технологічний розрахунок

Діаметр скрубера при умовній швидкості газу в повному перерізі скрубера $1,28 \text{ м/сек}$ складе:

$$D = ((75400 \cdot 4) / (3600 \cdot 1,28 \cdot 3,14))^{1/2} = 5,1 \text{ м}.$$

Приймаємо $D = 500 \text{ мм}$.

Умовна швидкість газу в скрубєрі:

$$V = (100000 \cdot 4) / (3600 \cdot 52 \cdot 3,14) = 1,4 \text{ м/сек}.$$

Максимальне приведенне навантаження:

$$Q_{\text{max}} = (4M_1/D) + N_1 = (4 \cdot 188,44 \cdot 105/300) + 176 \cdot 10^3 = 176,263 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с}; \quad (2.6)$$

Мінімальне приведенне навантаження:

$$Q_{\min}=(4 \cdot M_2/D)-N_2=(4 \cdot 162 \cdot 105/300) - 61 \cdot 10^3=165 \cdot 10^3 \text{ кг} \cdot \text{с}.$$

2.6.3 Гідравлічний розрахунок бензолового скрубера

Гідравлічний опір 1м зрошуваної насадки визначається за даними формули УКРНШ Химмаша:

$$\Delta P=(\lambda \cdot W^2 \cdot \rho)/(\delta_k \cdot 2g \cdot F_{\text{св.н.}}^2) \cdot (1+0,0185 \cdot \dot{L}_v), \text{ мм. вод. ст.} \quad (2.7)$$

де $\lambda = 0,2$ коефіцієнт опору, 1м сухої насадки;

\dot{L}_v – щільність зрошування

$$\dot{L}_v = L/S_{\text{ж}} = 102/6,3 = 16,2 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год} \quad (2.8)$$

$L = 102 \text{ кг/г}$ – кількість поглиначча;

$S_{\text{ж}} = 6,3$ – перетин насадки;

$F_{\text{св.н.}}=0,94 \text{ м}^2/\text{м}^2$ – відносний вільний перетин насадки;

$$\Delta P=(0,2 \cdot 2,52 \cdot 0,5)/(0,015 \cdot 2 \cdot 9,81 \cdot 0,94) (1+0,0185 \cdot 16,2) = 3,12 \text{ кг} \cdot \text{с}/\text{м}^2.$$

Загальний опір насадки:

$$P=\Delta P \cdot H;$$

$$P=3,12 \cdot 20,7 = 65 \text{ кг} \cdot \text{с}/\text{м}^2.$$

2.6.4 Технічний розрахунок

Вибираємо параметри опори:

По $D = 3000 \text{ мм}$;

$D_1 = 3960 \text{ мм}$;

$$D_2 = 3400 \text{ мм};$$

$$D_6 = 3820 \text{ мм}.$$

По $Q_{\max} = 4,0 \text{ мН}$ та Q_{\min} до 2 мН

Тоді:

$$D = 3000 \text{ мм};$$

$$S_1 = 12 \text{ мм};$$

$$S_2 = 30 \text{ мм};$$

$$S_3 = 25 \text{ мм};$$

$$d_2 = 42 \text{ мм};$$

$$d_6 = M 36;$$

$$Z_6 = 24.$$

Розрахунок товщини обичайок. Виконавчу товщину тонкостінної гладкої циліндрової обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим тиском, розраховують по формулі [10]:

$$S \geq PD / (2[\delta]4 - P) + C; \quad (2.9)$$

де $[\delta]$ – напруга, що допускається, для матеріалу обичайки;

$$[\delta] = \eta \cdot \delta^*;$$

де η – коефіцієнт;

δ^* - нормативна напруга, що допускається;

φ - коефіцієнт міцності зварних швів ($\varphi = 1$);

η – для взривочно пожароопасных середовищ приймають $\eta = 0,9$;

δ^* для $30^\circ\text{C} = 138,25 \text{ мПа}$.

$$[\delta] = 0,9 \cdot 139,25 = 125,325 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

$$S \geq ((3 \cdot 3,49 \cdot 10^4) / (2 \cdot 125,325 \cdot 10^6 \cdot 1 - 3,49 \cdot 10^4)) + 1,5 = 1,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо $S = 4 \text{ мм}$.

Обичайки корпусу апарату, що працюють під спільною дією осьової стискуючої сили і моменту, що вигинає, перевіряють на стійкість по формулі:

$$N1 / N_{\text{доп}} + M / M_{\text{доп}} \leq 1 . \quad (2.10)$$

Осьова стискуюча сила:

$$N_{\text{доп}} = 3,14 \cdot (S-C) \cdot \varphi_c \cdot \delta^*; \quad (2.11)$$

де $\delta^* = 1390 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ – нормальна допустима напруга;

φ_c - коефіцієнт зменшення допустимої напруги;

Коефіцієнт зменшення допустимої напруги визначається залежно від співвідношення величин:

$$D/2(S-C) \text{ або } 0,18 \cdot (E/\delta_T); \quad (2.12)$$

де $E = 1,98 \cdot 10^6 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ – модуль пружності Юнга;

$\delta_T = 2090 \text{ кг} \cdot \text{с} / \text{см}^2$ – межа текучості матеріалу обичайки.

$$\begin{aligned} D / 2(S-C) &= 300 / 2(0,4-0,15) = 600; \\ 0,18 \cdot (E/\delta_T) &= 0,18 \cdot (1,98 \cdot 10^6 / 2090) = 171. \end{aligned}$$

При $D / 2(S-C) > 0,18 \cdot E / \delta_T$. де $K_c = 0,14$, тоді

$$\varphi_c = (0,75 \cdot K_c) / [(\delta_T / E) \cdot (D/2(S-C))],$$

$$\varphi_c = (0,75 \cdot 0,14) / [(2090/1,98 \cdot 10^6) \cdot (300/2 \cdot (0,4-0,15))] = 0,165,$$

$$N_{\text{доп}} = 3,14 \cdot 300 \cdot (0,4-0,15) \cdot 0,165 \cdot 1390 = 54012.$$

У даному розділі кваліфікаційної роботи виконані розрахунки бензолового скрубера: конструктивний розрахунок параметрів металевої насадки скрубера, гідравлічний та технологічний розрахунки.

У розрахунок бензолового скрубера були прийняті наступні вихідні дані:

- кількість коксового газу, $V=100\ 000\ \text{м}^3/\text{год}$.
- загальна висота скрубера, $H=32\ 000\ \text{мм}$.
- вміст бензолових вуглеводнів, $C_1=35\ \text{г}/\text{м}^3$ – в прямому газі.
- вміст бензолових вуглеводнів, $C_2=2\ \text{г}/\text{м}^3$ – в зворотному газі.
- вміст бензолових вуглеводнів, $C_3=2,2\%$ – в кам'яновугільному

поглинальному маслі.

- вміст бензолових вуглеводнів, $C_4=0,2\%$ – в обезбензоленому маслі.
- температура уловлювання $=25^\circ\text{C}$.
- коефіцієнт адсорбції, $N_0=2,02\ \text{кг}/\text{м}^3\cdot\text{мм рт.ст.}$

За результатами розрахунку були визначені:

- рушійна сила адсорбції $\Delta p=1,04\ \text{мм рт.ст.}$
- рушійна сила адсорбції на виході газу із скрубера $\Delta p_2=0,09\ \text{мм рт.ст.}$

За результатами конструктивного розрахунку були визначені:

- питома поверхня насадки, $S=1,6\ \text{м}^2$ на 1м апарату.
- необхідна поверхня металевої насадки бензолового скрубера

$S=130\ 000\ \text{м}^2$.

- загальна висота насадки, $H_n=51\ \text{м}$.
- загальний опір насадки, $P=65\ \text{м}^2\cdot\text{с}/\text{м}^3$.

За результатами технологічного розрахунку були визначені:

- діаметр скрубера, $D=5000\ \text{мм}$.
- швидкість коксового газу в апараті, $V=1,4\ \text{м}/\text{сек}$.
- максимальне приведенне навантаження опори скрубера $Q_{\text{макс}}=175\cdot 10^3\ \text{кг}\cdot\text{с}$.
- мінімальне навантаження опори скрубера, $Q_{\text{мін}}=155\cdot 10^3\ \text{кг}\cdot\text{с}$.

У гідравлічному розрахунку були прийняті наступні вихідні дані:

- коефіцієнт опору $\lambda=0,2$ на 1 м сухої насадки.
- ширина каналу насадки $\delta_k=0,015\ \text{м}$.

- кількість поглинача, $L = 102$ кг/г.
- відносний вільний перетин насадки, $F_{в.н.} = 0,94$ м² на 1м² апарату.

За даними розрахунку були визначені:

- щільність зрошування металеві насадки $L_v = 16,2$ м³/м²·год.

Таким чином, на підставі проведених конструктивного, технологічного і гідравлічного розрахунків обоснованна заміна дерев'яної хордової насадки на металеву спіральну в бензолі в скрубєрі, таку, що має ряд переваг. Металева насадка схильна до меншого зносу, отже, і зниженню часу простою апарату в ремонті. Уловлювання пилегазових викидів складає 90 %, що перевищує ефективність бензолі в скрубєрі з хордовою дерев'яною насадкою на 4,6 %.

2.7 Еколого-економічна ефективність проєктних рішень

Збільшення виробництва металургійного коксу на коксохімічних заводах спричиняє за собою відповідне збільшення вироблення коксового газу, смоли, аміаку, сирого бензолу і інших коштовних хімічних продуктів коксування. Зростання виробництва металургійного коксу здійснюватиметься як за рахунок поліпшення використання потужностей підприємств, що діють, так і за рахунок будівництва нових реконструкцій і розширення наявних коксохімічних заводів. Це приведе до розширення і реконструкції хімічних цехів на основі нової техніки і максимальної інтенсифікації технологічних процесів.

Призначення цеху уловлювання полягає в тому, аби рівномірно і безперебійно відсасувати газ з камер коксових печей, охолоджувати і транспортувати його через всю подальшу апаратуру цеху і цеху сіркоочистки до споживача газу – металургійного заводу ім. Петровського, витягуючи коштовні хімічні продукти коксування із здобуттям певного вигляду продукції, напівфабрикатів і сировини для інших цехів і заводів.

В результаті уловлювання бензолі вуглеводнів і інших хімічних речовин з газу поглинальним маслом і виділення їх з масла готовий продукт – сирій бензол, який є сировиною цеху ректифікації.

Запропонований захід щодо модернізації одноступінчастої на двохступінчасту систему очищення коксового газу від бензолових вуглеводнів і інших хімічних речовин бензоловими скруберами має ряд переваг. По-перше, це постійна робота апаратів, оскільки при поломці одного з них, незалежно від цього здійснюватиметься двоступінчате очищення коксового газу двома іншими бензоловими скруберами. З цього виходить посилення потужності установок за рахунок збільшення подачі коксового газу в 2 рази, отже, і об'єму очищеного коксового газу до 90 %, що також збільшує продуктивність по сирому бензолу. По-друге, при очищенні коксового газу в бензоловому скрубери ми користуємося кам'яновугільним поглинальним маслом, а це масло є продуктом коксохімічного виробництва (при переробці кам'яновугільної смоли). З цієї причини витрати, пов'язані з доставкою масла з інших заводів відсутні. Виходячи з цього можна зробити висновок про доцільність і економічну вигоду запропонованих проектних рішень.

Рівень питомих капіталовкладень в технічне переозброєння Дніпропетровського коксохімічного заводу складають: 159 779,2 грн./рік (загальні), 121 180,7 грн./ рік (атмосфера), 35 504,9 грн./ рік (водоймища). Таким чином, загальні капіталовкладення складають 316 464,8 грн./ рік.

Капітальні вкладення в реалізацію проектних рішень складають 33066,2 грн.

Загальна сума плати підприємства до запропонованого заходу:

$$\sum\Pi = 61\,796,6 \text{ грн./рік.}$$

Загальна сума плати підприємства після запропонованого заходу:

$$\sum\Pi' = 30\,852 \text{ грн./рік.}$$

Різниця між платежами підприємства до і після запропонованого заходу

$$\Delta\Pi = \sum\Pi - \sum\Pi' = 61\,796,6 - 30\,852,0 = 30\,944,6 \text{ грн./рік.}$$

Таким чином, різниця між платежами підприємства до запропонованого заходу і після за такі шкідливі викиди як піридин, бензол, бенз(а)пирен, нафталін, фенол, ксилол, толуол склала 30 944,6 грн/рік.

Сумарний еколого-економічного результату проектних заходів

$$P = \Delta\Pi + Д, \quad (3.1)$$

де Д – додатковий прибуток від продажу уловленого бензолу

$$P = 30\,944,6 + 35,0 \text{ т} \cdot 960 \text{ грн/т} = 64\,544 \text{ грн/рік.}$$

Експлуатаційні витрати включають амортизаційні витрати, ремонт і вміст устаткування, витрати на матеріали і витрати на електроенергію.

У таблиці 2.9 приведені експлуатаційні витрати на реалізацію проектних рішень по складових.

Таблиця 2.9 – Експлуатаційні витрати

№	Показник	Сумма, грн
1	Амортизаційні витрати	10650
2	Ремонт та утримання устаткування	7300
3	Витрати на матеріали	7600
4	Електроенергія	2500

Сумарні експлуатаційні витрати складають 28 050 грн/рік.

Еколого-економічний ефект пропонованого заходу

$$E = P - B, \quad (3.2)$$

де P – результат від запропонованих заходів, млн.грн/рік;

B – витрати або капітальні вкладення, тис. грн/рік.

$$E = 64544 - 28050 = 36494 \text{ грн/рік.}$$

Розрахунок терміну окупності:

$$T_{\text{окуп.}} = KB/E, \quad (3.3)$$

$$T_{\text{окуп}} = 159779,2 / 36494 = 4,38 \text{ років.}$$

Результати виконаних розрахунків приведені в таблиці 2.10.

Приведені розрахунки свідчать про достатню ефективність запропонованого заходу за рахунок модернізації системи очищення коксового газу бензоловими скруберами від бензолових вуглеводнів і їх полімерів, а також інших хімічних елементів шляхом переведення системи на двоступінчасту і вдосконалення конструкції скрубера.

Таблиця 2.10 – Еколого-економічна ефективність проектних рішень

Найменування показника	Один. вимір.	Значення		Відхилення	
		до заходів	після заходів	абсол.	відносне, %
Фактичні викиди	т/грік				
Піридин	-	1,98	1,58	0,28	21,78
Сірковуглець	-	0,665	0,53	0,065	12,26
Бензол	-	175,3	140,2	30,3	21,6
Нафталін	-	9,74	7,78	2,735	35,2
Фенол	-	19,04	15,2	1,04	6,84
Толуол	-	0,204	0,16	0,02	2,01
Ксилол	кг/рік	25,0	22,5	2,5	11,1
Бенз(а)пирен	-	6,5	5,0	1,5	30,0
Капітальні витрати	грн	-	159 779,2	-	-
Сума платежів за забруднення довкілля	-	61 796,6	30 852,0	30 944,6	100,3
Еколого-економічний ефект пропонованих заходів, грн.	-	-	36 494,0	-	-
Термін окупності	років	-	4,38	-	-

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

Коксохімічне виробництво – високотемпературна переробка (коксування) спеціальних сортів кам'яного вугілля для отримання коксу, коксового газу і кам'яновугільної смоли. З коксового газу вилучається аміак, бензол, сірководень, ціаністі з'єднання і інші хімічні продукти коксування.

Технологічний процес коксування включає обігрів і завантаження печей, видачу, гасіння і сортування коксу. Ведення процесу здійснюється із застосуванням всілякого машинного, електротехнічного, хімічного та іншого видів устаткування.

Кваліфікаційною роботою передбачається удосконалення системи газоочищення бензольного відділення. Тому в даному розділі розглянуті основні шкідливості і небезпеки в коксохімічному виробництві, розроблені заходи щодо їх зниження.

3.1 Основні шкідливості і небезпеки коксового виробництва

Коксовий цех по категорії виконуваної роботи залежно від загальних енерговитрат організму відноситься до категорії III (енерговитрати більше 250 ккал/год, тобто, в цеху виконуватимуться роботи, пов'язані з систематичною фізичною напругою, зокрема переміщенням і перенесенням тягарів більше 10кг.

До складу основних цехів входять: вуглепідготовчий; вуглезбагачувальний; коксовий; уловлювання хімічних продуктів коксування; очищення коксового газу від сірководню, роданідів; переробки сирого бензолу; переробки смоли; пекококсний; термоантрацитовий; фталевого ангідриду; інші технологічні цехи й підрозділи.

Технологія виробництва коксу включає нагрівання коксівного вугілля без доступу повітря в спеціальних печах до температури порядку 1000 °С, наступне

охолодження коксу технічною водою або азотом до 180-200 °С і його наступне сортування на класи за розміром фракцій.

Технологія витягу і переробки хімічних продуктів коксування передбачає охолодження летучих парогазових продуктів, що виходять з камери коксування з температурою 700-800 °С, до 30-40 °С, конденсацію й уловлювання коштовних компонентів. При коксуванні вугілля для виробництва металургійного коксу з 1 т вихідної вугільної шихти виходить 740-790 кг коксу, 30-40 кг кам'яновугільної смоли, 9-11 кг сирого бензолу, 2,5-4,5 кг аміаку, 1,5-2 кг сірководню, до 350 м³ коксового газу [11].

Висока температура, при якій ведеться процес коксування, відносно велика теплопровідність вогнетривкого матеріалу, застосовуваного для кладки печей, наявність металевої арматури (анкерні колони, двері, люки, стояки й ін.), що безпосередньо стикається з розпеченими частинами грубних камер, обумовлюють на коксових батареях високу температуру зовнішніх поверхонь. Це створює несприятливі умови праці для робітників, що обслуговують печі (люкових, дверьових, тунельщиків і ін.).

Джерелами виділення тепла на верху печей є цегельна кладка, кришки і рами завантажувальних люків, стояки і газозбірники, на бічних обслуговуючих площадках — анкерні колони і двері коксових камер, у тунелях — дзеркала регенераторів і газокиснева арматура. Джерелами теплової радіації є газ, що виходить зі стояка і з грубної камери під час завантаження її шихтою, відкрита грубна камера і розпечений кокс під час видачі з печі і транспортування у тушильному вагоні під вежу гасіння.

Інтенсивність теплового опромінення робітників від нагрітих поверхонь технологічного устаткування не повинна перевищувати:

- 350 Вт/м² – при опроміненні 50% поверхонь тіла і більш;
- 700 Вт/м² – при величині опромінюваної поверхні від 25% до 50%;
- 1000 Вт/м² – при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Інтенсивність теплового опромінення що працюють від відкритих джерел (нагрітий метал, «відкрите» полум'я і ін.) не повинна перевищувати 1400 Вт/м²,

при цьому опроміненню не повинне піддаватися більше 25% поверхні тіла і обов'язковим є використання засобів захисту особи і очей.

Робота з обслуговування коксових печей проводиться на відкритому повітрі, тому на умови праці тут впливають і зовнішні метеорологічні умови (температура зовнішнього повітря, вологість, швидкість і напрямок вітру). Влітку підвищена температура зовнішнього повітря і тепловипромінювання можуть у сукупності викликати порушення терморегуляції організму (перегрів, теплові удари і т. ін.) У зимовий час низька температура зовнішнього повітря зменшує вплив цих несприятливих факторів. Однак різкі коливання температур у зимовий період негативно впливають на організм працюючих.

У коксових цехах джерелами проникнення в повітря шкідливих газів можуть бути: на верху печей – завантажувальні люки, місця з'єднання стояків із клапанними коробками і клапанними коробками з газозбірником кришки стояків і отвору в газозбірниках для згонки фусів; на обслуговуючих площадках дверей грубних камер (при недостатньому приляганні їх до армованих рам), планирні лючки і дзеркала голівок над рамам и; на рампі – недостатньо погашений кокс, гасіння якого вироблялося фенольною водою із вмістом фенолів і аміаку вище припустимих у тунелях і кантувальних приміщеннях – нещільності в газопроводах і газовій арматурі, а також у гумових трубках, що з'єднує газопроводи з контрольно-вимірювальними приладами [12].

Значними джерелами забруднення атмосферного повітря фенолами, аміаком, роданідами й іншими шкідливими для організму сполуками є тушильні вежі і відстійники (при гасінні коксу фенольною водою в суміші з технічною).

У приміщеннях коксортувалки з недостатньо відпареного на рампі коксу виділяються пари аміаку і феноли. Нерідкі випадки, коли через порушення режиму гасіння коксу на коксортувалку надходить недотушений кокс. У результаті повітря забруднюється окисом вуглецю, сірчастими й іншими газами.

Допустимий вміст вугільного пилу в повітрі не повинен перевищувати 6 мг/м³. Насправді ж запилення у багато разів перевищує допустиму норму. Воно коливається від одиниць до тисяч міліграмів у кубічному метрі повітря.

Підвищений рівень шуму може привести до головного болю, швидкої стомлюваності, внаслідок чого знижується продуктивність праці, знижується увага, унаслідок чого збільшується кількість браку.

Фактичні рівні вібрації на основних робочих місцях в коксохімічному цеху за даними санітарно-гігієнічного паспорта нижче допустимих.

Коксохімічне виробництво характеризується наступними небезпечними чинниками:

- струмоведучі частини електроустановок;
- частини технологічного устаткування, що обертаються і рухомі;
- робота вантажопідйомних механізмів і транспортних пристроїв;
- балони з киснем і ацетиленом;

Коксовий цех по небезпеці поразки електрострумом відноситься до приміщень особливо небезпечним, які характеризуються наявністю наступних умов: підвищена вологість; струмопровідний пил; струмопровідні підлоги (залізобетонний); можливість одночасного дотику людини до тих, що мають з'єднання із землею металоконструкціям будівель, технологічним апаратам, механізмам і тому подібне, з одного боку, і до металевих корпусів електроустаткування, з іншою.

Конструкція, вигляд виконання, спосіб установки і клас ізоляції вживаних машин, апаратів, приладів, кабелів приводів і іншого електроустаткування відповідають номінальній напрузі в мережі або в електроустановці, умовам довкілля і вимогам ПУЕ. Все електроустаткування в цеху має захисні кожухи, що унеможливує випадкового дотику працівника до струмоведучих частин.

Персонал виробництва може бути уражений електричним струмом в разі, якщо станеться пробій електричного струму на корпус електроустаткування.

Також, велику небезпеку для працюючих створюють рухомі частини машин і механізмів, що обертаються, а саме: рухомі столи верстатів, шпинделі, що обертаються, і інструмент, що обертається.

Приміщення коксового цеху по завданнях зорової роботи відноситься до III групи – приміщення, в яких виробляється розрізнення об'єктів зорової

роботи при фіксованому напрямі лінії зору працюючих на робочу поверхню. По характеристиці зорової роботи відноситься до III-а розряду зорової роботи. Нормоване значення робочої освітленості – 100 лк [13].

3.2 Заходи щодо зниження шкідливостей і небезпек в коксохімічному виробництві

На підставі аналізу шкідливих і небезпечних чинників, що мають місце у виробничому приміщенні коксового цеху, в роботі передбачені наступні організаційно-технічні заходи [14]:

1. Для захисту працівників від дії шкідливих речовин, і для забезпечення сприятливих метеоумов застосовувати загальнозмінну припливно-витяжну вентиляцію.

2. Для захисту від дії шуму вчасно проводити ремонт устаткування, встановлювати по можливості звукопоглинальні перегородки і екрани.

3. Для захисту від вібрації рекомендується проводити балансування розбалансованого устаткування і частин механізмів. Робочі місця забезпечити дерев'яними настилами з віброізолюючим покриттям (гума).

4. Для забезпечення електробезпеки все технологічне устаткування заземляти, застосовувати різні реле, ізолювати всі відкриті струмоведучі частини: для електромонтера по обслуговуванню електроустаткування видавати засоби індивідуального захисту від поразки людини електричним струмом.

5. Для захисту персоналу від рухомих частин машин і механізмів, що обертаються, застосовувати різні обгороджування, кожухи, застосовувати світлові і звукові сигналізатори.

6. Для забезпечення нормального навантаження на зір працівників застосовувати спільно з природним і загальним штучним освітленням місцеве освітлення.

Основні заходи захисту від поразки струмом: ізоляція, недоступність токоведучих частин, вживання малої напруги (не вище 42 В, а в особливо небезпечних приміщеннях - 12 В), захисне відключення, вживання спеціальних електрозахисних засобів, захисне заземлення і занулення. Одній з найбільш часто вживаною мірою захисту від поразки струмом є захисне заземлення.

Для зниження шкідливої дії теплового випромінювання робочі місця необхідно обладнати повітряними душами.

Визначимо параметри душируючого патрубку, обслуговуючого робочу зону шириною $B = 4$ м і завдовжки $A = 25$ м; $t_{p.z} = 25$ °С; інтенсивність опромінення $1-3$ ккал/(см²·хв), $m = 0,7$.

Знаходимо $V_{min} = 3,3$ м/с, $V_{max} = 5$ м/с;

$$n = 3,3 : 5 = 0,66;$$

кут установки насадка 40° ; $t = 15$ °С.

Приймаємо конструкцію душируючого патрубку з підтисканням струменя ($\alpha = 0,07$).

$$A_{max} = 0,42 \cdot \sqrt{100} / 0,07 \cdot (1 + \sqrt{1/(1-0,66)}) = 22,5 \text{ м.} \quad (4.1)$$

Горизонтальна відстань від припливної насадки до початку душируємої ділянки:

$$L_1 = 0,5 \cdot 22,5 \cdot \sqrt{1/(1-0,66)} - 1 = 8,1 \text{ м.} \quad (4.2)$$

Висота розташування припливного потрубка:

$$h = 0,8 \cdot 0,66 \cdot (2 \cdot 8,1 + 22,5) \cdot (0,07 + 0,3 \cdot 0,842) = 5,8 \text{ м.} \quad (4.3)$$

Загальна висота розміщення патрубку над підлогою: $5,8 + 1,5 = 7,3$ м.

Скорість повітря на виході з насадка:

$$V_{0max} = 3,3 \cdot [1 + 0,95 \cdot (1 - 0,66)] = 12,5 \text{ м/с.} \quad (4.4)$$

Діаметр вихідного перетину насадки:

$$d_0 = 5 \cdot 5,8 \cdot 5 / 3,3 \cdot (1 + 0,842 / 3,4 \cdot 0,07)^2 = 12,5 \text{ м/с.} \quad (4.5)$$

Кількість повітря, що подається однією насадкою:

$$L = 0,785 \cdot 12,5 \cdot 2,1 \cdot 3600 = 156\,000 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.6)$$

Мінімальна температура в робочій зоні:

$$T_{\min} = 26,5 - 5 / [12,5 - 15] = 22 \text{ }^\circ\text{C.} \quad (4.7)$$

Пристрій одного патрубку для душирування зони завдовжки 25 м неекономічно; доцільніше встановити два або три душируючих патрубки.

3.3 Пожежна безпека

Виробничий процес в цеху по вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці відноситься до категорій А, Б, і В в залежності від технологічних процесів, та цехів [15].

Будівлі в коксохімічній промисловості в основному треба будувати з негорючих матеріалів: стіни з цегли або іншого стійкого до запалювання матеріалу; перекриття – залізобетонні; підлоги – цементні або плиткові. У вибухово- і пожежонсбезпечних будинках віконні плетіння рекомендується робити із заліза або чавуну, а перекриття – легкими для попередження руйнування будинку при вибуху. Двері виготовляють з неспалимого матеріалу або, у всякому разі, покриті матеріалами, що охороняють від запалювання.

Будівля цеху побудована з негорючих матеріалів (залізобетону), має II міру вогнестійкості.

У хімічних цехах заводу, віднесених до категорії А (бензольних,

ректифікаційних і ін.), найбільша відстань до виходу назовні не повинна перевищувати 30 м, а при наявності двох поверхів у будинку – 25 м.

Ширина проходів на майданчиках уздовж агрегатів, що обслуговуються, має бути не менш 0,8 м. Якщо прохід служить і для пересування устаткування при монтажних і демонтажних роботах, то ширину його слід збільшити відповідно до габаритів установлюваного на майданчику устаткування. Майданчики у виробництвах, що відносяться до категорій А, Б і В, а також сходи до них повинні виготовлятися з неспалимого матеріалу. Бар'єрами (поручнями) повинні бути забезпечені всі сходи, майданчики, перехідні містки, прорізи і поглиблення в підлогах і перекриттях. Бар'єри повинні бути висотою 1 м, мати верхні і середній подовжиг бруси, а в нижній частині біля підлоги – суцільне огороження (захиття) або піднятий край площадки на висоту 150 – 200 мм для попередження падіння твердих предметів униз.

Пожежі в цеху можуть виникнути в результаті спалаху електроустаткування при перевантаженнях, перегрівих і коротких замиканнях, спаласі горючесмазочних матеріалів при попаданні в них іскр електричного або механічного походження, дії тепла від нагрітих предметів, під впливом відкритого вогню, самозагоранні промасленого дрантя, дії статичного або грозового розряду. Небезпека виникнення пожежі в цеху зменшена в проекті наступними розробленими заходами:

- установлення устаткування, у якому ведуться процеси, пов'язані з пальними рідинами і газами (сатуратори, смоло-розгонні куби, розгонні колонки й ін.), поза закритими приміщеннями. При такому розташуванні устаткування і комунікацій небезпека утворення вибухонебезпечних концентрацій у навколишньому повітрі буде майже неможливою.

- ущільнення і герметизація апаратів, приймачів, сховищ, матеріалопроводів і газопроводів і іншого устаткування, щоб уникнути розливу і витікання пальних рідин, просипання твердих продуктів, витоків пилу, газів і парів через нещільності апаратури.

- систематичне прибирання приміщень, щоб уникнути забруднення їх пальними, рідкими і твердими речовинами. Ці заходи, крім запобігання пожежної небезпеки, вносять культуру в організацію робочого місця і ведуть до зниження травматизму.

- пристрій вентиляції для обміну повітря і зниження забруднення його газами, парами і пилом.

Пари рідких продуктів коксохімічного виробництва (бензолу, толуолу, ксилолу і ін.) мають велику питому вагу стосовно повітря і тому можуть накопичуватись в заглиблених частинах приміщень, при відсутності теплових потоків повітря створювати місцеві вибухонебезпечні концентрації. При обладнанні вентиляції це треба враховувати для правильного розміщення витяжних і приточних патрубків.

Для гасіння пожеж водою використовується пожежний водопровід, об'єднаний з виробничим. На його мережі в приміщенні цеху встановлені пожежні крани з брезентовими рукавами і відведеннями, зовні будівлі по його периметру в підземних колодязях розміщені пожежні гідранти. Для доступу на дах будівлі використовуються пожежні сходи, укріплені на стінах.

Пожежні щити (стенди) встановлюються на території цеху з розрахунку один щит на площу до 5000 м². У комплект щита входять: вогнегасники – 3 шт; ящик з піском – 1 шт; покривало з матеріалу, що не згорає, – 1 шт.; лопати – 2 шт.; ломи – 2шт.; багри – 2шт.; сокири – 2 шт.

ВИСНОВКИ

1. Для підвищення ефективності виробництва було обрано вдосконалення технології, тобто, переведення схеми очищення з одноступінчатої на двоступінчату та заміна насадки бензолowego скрубера з дерев'яної хордової на металеву плоскопаралельну насадку.

Металева насадка має ряд переваг, одна з яких – це зменшення часу простою системи очищення в ремонті, а отже, підвищення продуктивності праці на 2,9 %. Це у свою чергу знижує собівартість, і збільшує потужність установок за рахунок збільшення подачі коксового газу, що призводить до підвищення ефективності очищення газу від бензолу до 99%.

2. Двоступінчата схема очищення (послідовна) на відміну від одноступінчатої (паралельної) дозволить додатково уловлювати 35 тонн бензолу на рік, що відповідно знижує платежі за забруднення довкілля на 30 944,6 тис. грн/год і отримати додатковий прибуток від продажу бензолу 33 600 тис. грн/год.

3. З урахуванням еколого-економічних результатів роботи і капітальних вкладень в реконструкцію системи газоочистки термін окупності проєктних рішень складає 4,38 років.

4. Розроблені у кваліфікаційній роботі технічні рішення по вдосконаленню системи очищення коксового газу можуть бути упроваджені як на ВАТ «Днепрококс», так і на інших коксохімічних підприємствах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Самойленко Н.М., Аверченко В.І., Байрачний В.Б. Системи технологій та промислова екологія. Ч. І. Металургійний та енергетичний комплекс : навч. посіб. Харків : НТУ «ХП», Лідер, 2020. 212 с.
2. Іваненко О.І., Носачова Ю.В. Техноекологія: Підручник. Київ : Видавничий дім «Кондор», 2017. 294 с.
3. Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник за ред. К.М.Ситника. 3-тє вид., стер. Київ : Вища шк., 2005. 382с.
4. Апостолук С.О., Джигирей В.С., Соколовський І.А. Промислова екологія: навч.посіб. Київ : Знання, 2012.430с.
5. Клименко М. О., Прищепа, А. М., Вознюк Н. М. Моніторинг довкілля. НУВГП, Рівне, 2023.
6. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: навч. Посібник. Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне. Київ : Видавничий центр «Академія», 2011. 256 с.
7. Клименко М.О., Залеський І.І. Техноекологія: підручник. Херсон : ФОП Грінь Д.С., 2017. 331 с.
8. Филипчук В.Л., Клименко М.О., Ткачук К.К., Проценко С.Б., Радовенчик В.М., Залеський І.І.. Промислова екологія. Рівне : НУВГП. 2013. 493 с.
9. Білявський Г. О., Бутченко Л. І. Основи екології : теорія та практика. навч. посібник. Київ : Лібра, 2004. 368 с.
10. Мельник Л.Г. Основи екології: екологічна економіка та управління природокористуванням. Суми : Університетська книга, 2006. с. 236-658
11. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці : підручник. Львів : УАД, 2006. 336 с.
12. Сақун М.М., Москалюк І.В. Основи охорони праці. Навчально-методичний посібник. Херсон : «Южполиграфсервис», 2013. 67 с.

13. Зеркалов Д.В. Наукові основи охорони праці. Київ : «Основа», 2015. 934 с.
14. Запорожець О.І., Протоєрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ : Центр учбової літератури, 2009. 264 с.
15. Білим П.А. Основи пожежної безпеки : конспект лекцій для студентів денної та заочної форм навчання освітнього рівня «бакалавр» за спеціальністю 263 Цивільна безпека. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. 45 с.