

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Гірничий факультет
Кафедра природоохоронної діяльності

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____ Віктор КОСТЕНКО

“ ____ ” _____ 2023 р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА**

**на тему: «Підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на
коксохімічних виробництвах»**

Виконала: студентка групи ЕКОМ-22

напряму підготовки: 101 Екологія

_____ Карина МАТВЄЄВА _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Керівник зав.каф. ПД, д.т.н., проф. Віктор КОСТЕНКО _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент з.дек.ФМЕХТ, доц.каф. ХТХМ, к.т.н., доц., _____
В'ячеслав КАУЛІН _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Нормоконтроль:

_____ Олексій КУТНЯШЕНКО
(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній
роботі немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.*

Студент _____
(підпис)

Луцьк –2023

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Гірничий факультет
Кафедра Природоохоронної діяльності
Освітній ступінь - магістр
Спеціальність 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри, д.т.н., проф. _____ Віктор КОСТЕНКО

_____. _____ 2023 року

ЗАВДАННЯ

на випускню кваліфікаційну роботу магістра

Карини МАТВЄСВОЇ

1. Тема роботи: «Підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на коксохімічних виробництвах»

керівник роботи Костенко Віктор Климентович д.т.н., проф.

затверджені наказом вищого навчального закладу від 22.09.23р. №479

2. Строк подання студентом роботи: 15.12.2023р

3. Вихідні дані до проекту: відомості про підприємство, матеріали переддипломної практики, та інш.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): 1. Аналіз впливу вугільної промисловості на навколишнє середовище; 2. Аналіз впливу коксохімічних підприємств України на стан навколишнього середовища; 3. Існуючі способи та засоби, що використовується для пилопридушення на коксохімічних виробництвах; 4. Дослідження впливу ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на забруднення атмосфери; 5. Розробка ефективних способів і засобів пилопридушення.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): презентація на форматі А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Розділ 1	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 2	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 3	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 4	Віктор КОСТЕНКО		
Розділ 5	Віктор КОСТЕНКО		
Нормоконтроль	Олексій КУТНЯШЕНКО		

7. Дата видачі завдання 05.10.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування видів робіт	Термін виконання	Форма звітності	Відмітка наукового керівника
Розділ 1	05.11.2023	Рукопис	
Розділ 2	10.11.2023	Рукопис	
Розділ 3	14.11.2023	Рукопис	
Розділ 4	20.11.2023	Рукопис	
Розділ 5	24.11.2023	Рукопис	
Оформлення пояснювальної записки	5.12.2023	Рукопис	
Підготовка презентації	10.12.2023	Рукопис	

Науковий керівник

Віктор КОСТЕНКО

Студент

Карина МАТВЄЄВА

АНОТАЦІЯ

Матвєєва К.О. Підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на коксохімічних виробництвах. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 101 Екологія. – ДВНЗ ДонНТУ, Луцьк, 2023.

Сторінок: 96, 20 ілюстрацій, 6 таблиць, 19 посилань.

Об'єкт дослідження – ПРАТ «Харківський коксохімічний завод».

Предмет дослідження – викиди ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» та їх вплив на навколишнє середовище.

Мета роботи - зменшення концентрації пилу на коксохімічних підприємствах шляхом підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення.

Методи досліджень: комплексний метод досліджень, що включає аналіз і узагальнення літературних джерел; розрахунково-аналітичний метод, економічно-розрахунковий метод.

Відповідно до поставленого завдання в роботі проводяться дослідження: аналізу впливу вугільної промисловості на навколишнє середовище та коксохімічних підприємств України, проаналізовані існуючі способи та засоби, що використовуються для пилопридушення на коксохімічних виробництвах, досліджено вплив ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на забруднення атмосфери та розрахунки витрат на викиди, запропоновані ефективні способи і засоби пилопридушення і обґрунтовано економічний та екологічний ефекти.

ВИКИДИ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, КОКСОХІМІЧНЕ ПІДПРИЄМСТВО, ПИЛОПРИДУШЕННЯ.

ABSTRACT

Matveeva K.O. Increasing the effectiveness of methods and means of dust suppression at coke chemical plants. Graduation thesis for the degree of " master" in the specialty 101 Ecology. – State university DonNTU, Luts'k, 2023.

Pages: 96, 20 illustrations, 6 table, 19 references.

The object of the research is PJSC "Kharkiv Coke Chemical Plant".

The subject of the study is the emissions of Kharkiv Coke Chemical Plant and their impact on the environment.

The purpose of the work is to increase the efficiency of methods and means of dust suppression at coke chemical plants by improving gas cleaning units at the enterprise.

Research methods: a comprehensive research method, which includes the analysis and generalization of literary sources; calculation and analytical method, economic and calculation method.

In accordance with the task, research is carried out in the work: analysis of the impact of the coal industry on the environment and coke-chemical enterprises of Ukraine, the existing methods and means used for dust suppression at coke-chemical plants are analyzed, the influence of PJSC "Kharkiv Coke-chemical Plant" on atmospheric pollution and cost calculations for emissions, proposed effective methods and means of dust suppression and justified economic and environmental effects.

EMISSIONS, POLLUTING SUBSTANCES, COCOCHEMICAL ENTERPRISE, DUST SUPPRESSION.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ВПЛИВ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ	12
1.1 Вплив на землю та довкілля	14
1.2 Водне господарство	15
1.3 Забруднення води	16
1.4 Поводження з відходами	17
1.5 Дика природа	17
1.6 Забруднення повітря	19
1.7 Щорічний надлишок смертності та захворюваності	20
1.8 Економічні витрати	21
1.9 Викиди парникових газів	22
1.10 Радіаційний вплив	23
1.11 Небезпека для шахтарів	23
2 КОКСОХІМІЧНІ ПІДПРИЄМСТВА УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	25
2.1 Проблема забруднення атмосфери коксохімічними підприємствами	27
2.1.1 Викиди коксових печей	30
2.2 Негативний вплив викидів шкідливих домішок на навколишнє середовище	31
2.2.1 Пил, зола та інші тверді частки	33
2.2.2 Аміак	36
2.2.3 Оксид вуглецю	37
2.2.4 Сірка	38
2.2.5 Оксид азоту	39
2.2.6 Важкі метали	40
2.2.7 Бензол	41
2.2.8 Фенол	42
2.2.9 Нафталін	43
2.2.10 Ціаністий водень	43
3 ГАЗООЧИСНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ПИЛОПРИДУШЕННЯ НА КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ	46
3.1 Вуглецеві адсорбери	47
3.2 Повітряні скрубери	48
3.3 Скрубери мокрої дії	49
3.4 Сухі повітряні скрубери	52
3.5 Електрофільтри	53
3.6 Колектори туману	56
3.7 Циклонні пиловловлювачі	57
3.8 Рукавний фільтр	59
3.9 Спалювання	60

4 ПРАТ «ХАРКІВСЬКИЙ КОКСОХІМІЧНИЙ ЗАВОД» ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ	63
4.1 Газоочисні установки які застосовують на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»	66
4.2 Виплати за викиди від ПРАТ «Харківський коксовий завод»	69
5 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ПИЛОПРИДУШЕННЯ НА ПРАТ «ХАРКІВСЬКИЙ КОКСОХІМІЧНИЙ ЗАВОД»	73
5.1 Економічний ефект від підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»	84
5.2 Розрахунок строку окупності від підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»	86
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	93
Додаток А - Перелік зауважень нормоконтролера	96

ВСТУП

Вугілля є невід'ємною частиною глобального енергетичного балансу. За останнє десятиліття рівень споживання вугілля стрімко зростав у всьому світі.

Екологічний вплив вугілля як основного твердого палива проявляється на кожному етапі виробництва, від видобутку до транспортування до виробництва та передачі коксу на подальше споживання у різних галузях. Видобуток вугілля - це порушення ландшафту, створення шахт, кар'єрів, сховищ; транспортування вугілля тягне за собою транзитні втрати, а також розсіювання твердих частинок у ґрунті та атмосфері. Далі надходячи на коксохімічні підприємства вугілля піддається коксуванню, спалюванню, а отже також стає джерелом забруднення навколишнього середовища. При роботах коксових батарей та різних цехів технологічних процесів коксохімічних виробництв до атмосфери потрапляють наступні забруднюючі компоненти: летюча зола, незгорілі тверді частки, діоксид і триоксид сірки, оксиди азоту та сполуки фтору. Понад 50% глобальних викидів пилу SO_x є результатом спалювання вугілля. У випадку викидів NO_x спалювання вугілля становить приблизно 20% антропогенних викидів, спричинених різними видами твердого палива.

Головним забруднювачем на всіх етапах коксохімічного виробництва є пил, що утворюється під час обробки, транспортування, зберігання, подрібнення та утилізації вугілля та нафтового коксу. Забруднення коксовим пилом є серйозною проблемою для здоров'я та безпеки, з якою стикається вугільна промисловість. Пожежі, вибухи та чорні легені щорічно коштують гірничодобувній, комунальній та металургійній промисловості мільйони доларів через втрату виробництва, медичні витрати, втрачене обладнання та високі страхові внески. Контроль над вугільним і коксовим пилом є обов'язковим, про що свідчить посилення заходів внутрішнього контролю на заводах, які обробляють ці матеріали, а також посилення державного контролю за дотриманням стандартів якості повітря.

На сьогодні розроблено багато способів і засобів пилопридушення на коксохімічних виробництвах, але вони мають як переваги так і багато недоліків, а тому продовжується пошук ефективного і економічного засобу зменшення потрапляння пилу до оточуючого середовища.

Наукова новизна роботи полягає в усуненні вже на перших етапах виділення пилу від твердого палива, а також удосконаленні вже існуючого пилогазового обладнання.

Зменшення концентрації забруднюючих речовин, що потрапляють до навколишнього середовища шляхом розробки способів пилопридушення дозволить зменшити антропогенне навантаження, а отже є актуальною науково-технічною задачею

Метою роботи є зменшення концентрації пилу на коксохімічних підприємствах шляхом підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення.

Практичне значення роботи – розробка та впровадження способів і засобів зменшення концентрації пилу коксохімічних виробництв на основі економічних розрахунків обґрунтування доцільності.

Об'єкт дослідження – ПРАТ «Харківський коксохімічний завод».

Предмет дослідження – викиди ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» та їх вплив на навколишнє середовище.

У роботі використовувались такі методи дослідження, як аналіз і узагальнення літературних джерел; розрахунково-аналітичний метод, економічно-розрахунковий метод.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних задач:

- проаналізувати вплив вугільної промисловості на навколишнє середовище;
- проаналізувати вплив на навколишнє середовище коксохімічних підприємств України;
- розглянути існуючі способи та засоби, що використовується для пилопридушення на коксохімічних виробництвах;

- дослідити вплив ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на забруднення навколишнього середовища;
- виконати розрахунки витрат на викиди від ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»;
- розробити ефективні способи і засоби пилопридушення;
- визначити еколого-економічний ефект від розроблених способів і засобів пилопридушення.

1 ВПЛИВ ВУГІЛЬНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Вплив вугільної промисловості на здоров'я та навколишнє середовище включає такі проблеми, як землекористування, утилізація відходів, забруднення води та повітря, спричинене видобутком вугілля, обробкою та використанням його продуктів. Окрім забруднення атмосфери, спалювання вугілля щорічно виробляє сотні мільйонів тон твердих відходів, включаючи летючу золу, золу та шлам димових газів, які містять ртуть, миш'як та інші важкі речовини, метали. Вугілля є найбільшим джерелом антропогенного збільшення вуглекислого газу в атмосфері Землі.

Спалювання вугілля має серйозні наслідки для здоров'я. Згідно зі звітом Всесвітньої організації охорони здоров'я за 2018 рік, забруднення вугільними частинками скорочує приблизно 10 000 життів у всьому світі щорічно. Дослідження 2014 року, проведене на замовлення екологічних груп, прийшло до висновку, що спалювання вугілля коштує 24 000 життів на рік. Нещодавно в академічному дослідженні було встановлено, що кількість передчасних смертей від забруднення повітря, пов'язаного з вугіллям, становить близько 52 000 осіб. У порівнянні з електроенергією, виробленою з природного газу за допомогою гідравлічного розриву, електроенергія з вугілля в 10...100 разів токсичніша, головним чином через кількість твердих частинок, що викидаються під час згоряння. Через скорочення робочих місць, пов'язаних із видобутком вугілля дослідження показало, що приблизно одна людина страждає передчасною смертю через забруднення вугіллям на кожне робоче місце, яке залишилося у вугільній промисловості [1].

Крім того, список історичних катастроф у вугільній промисловості є довгим, хоча кількість смертей, пов'язаних із виробництвом вугілля, суттєво зменшилася, оскільки були введені заходи безпеки, а підземний видобуток поступився часткою ринку відкритому видобутку. Небезпека підземного видобутку включає задиху, отруєння газом, обвал даху та вибух газу. Небезпека

відкритих виробок - це, головним чином, провали стін шахти та зіткнення транспортних засобів. Наприклад у Сполучених Штатах протягом десятиліття 2009...2019 років гинуло в середньому 26 шахтарів на рік.

1.1 Вплив на землю та довкілля

Розробка корисних копалин суттєво змінює ландшафт, що знижує цінність природного середовища навколишньої землі. Поверхня суші призначена для гірничодобувної діяльності, поки її не можна змінити та відновити. Якщо видобуток дозволено, постійне населення має бути переселене з території шахти; економічна діяльність, така як сільське господарство або полювання та збирання їжі та лікарських рослин, переривається. Те, що стане з поверхнею землі після видобутку, залежить від того, як ведеться видобуток. Зазвичай рекультивація порушених земель до стану землекористування не дорівнює первісному використанню. Існуючі землекористування (такі як випас худоби, рослинництво та виробництво деревини) тимчасово ліквідовані в районах видобутку. Цінні території з інтенсивним землекористуванням, як-от міські та транспортні системи, зазвичай не зазнають впливу гірничих робіт. Якщо корисні копалини є достатніми, ці поліпшення можуть бути винесені на прилеглу територію.

Розробка корисних копалин усуває існуючу рослинність, руйнує генетичний профіль ґрунту, витісняє або знищує дику природу та середовище існування, змінює поточне землекористування та певною мірою назавжди змінює загальний рельєф видобутої території. Несприятливий вплив на геологічні об'єкти, що становлять інтерес для людини, може мати місце у вугільній шахті. Геоморфічні та геофізичні особливості та видатні мальовничі ресурси можуть бути принесені в жертву невибіркового видобутку. Палеонтологічні, культурні та інші історичні цінності можуть опинитися під загрозою через руйнівну діяльність вибухових робіт, розривання та видобутку вугілля. Зняття розкривних порід усуває та знищує археологічні та історичні об'єкти, якщо вони не видалені заздалегідь [1].

Видалення рослинного покриву та діяльність, пов'язана з будівництвом під'їзних доріг, накопиченням верхнього шару ґрунту, переміщенням розкритих порід і транспортуванням ґрунту та вугілля, збільшують кількість пилу навколо гірничих робіт. Пил погіршує якість повітря в безпосередній близькості, негативно впливає на рослинність і становить небезпеку для здоров'я та безпеки для працівників шахти та мешканців поблизу.

Поверхнева розробка порушує практично всі естетичні елементи ландшафту. Зміна форм землі часто призводить до незнайомих і розривних конфігурацій. Нові лінійні візерунки з'являються в міру видобутку матеріалу та розробки відвалів. Різні кольори та текстури оголюються, оскільки рослинний покрив видаляється, а розкриті породи скидаються вбік. Утворюється пил, вібрація та запахи вихлопних газів дизеля (впливають на зір, звук і запах). Мешканці місцевих громад часто вважають такий вплив тривожним або неприємним. У разі видалення вершини гір, вершини знімаються з гір або пагорбів, щоб оголити потужні вугільні пласти під ними. Видалений ґрунт і порода осідає в прилеглих долинах, улоговинах і западинах, що призводить до блокування (і забруднення) водних шляхів.

Видалення ґрунту та гірських порід, що покривають вугільні ресурси, може спричинити захоронення та втрату верхнього шару ґрунту, оголення материнського матеріалу та створення великих неродючих пустирів. Порушення ґрунту та пов'язане з ним ущільнення призводять до умов, що сприяють ерозії. Видалення ґрунту з території, що підлягає видобутку, змінює або руйнує багато природних характеристик ґрунту, а також зменшує його біорізноманіття та продуктивність для сільського господарства. Структура ґрунту може бути порушена розпиленням або розпадом агрегатів.

Обвалення шахт (або осідання шахт) можуть спричинити значні наслідки над землею, які є особливо руйнівними в розвинутих районах. Німецький підземний видобуток вугілля (особливо в Північному Рейні-Вестфалії) пошкодив тисячі будинків, і вугільна промисловість виділила значні суми для фінансування майбутніх збитків від просідання в рамках своїх схем страхування

та державних субсидій. В особливо вражаючому випадку в німецькому регіоні Саар (іншому історичному районі видобутку вугілля) підозрюваний обвал шахти в 2008 році спричинив землетрус силою 4,0 за шкалою Ріхтера, спричинивши деякі пошкодження будинків. Раніше менші землетруси ставали все більш поширеними, і видобуток вугілля в цьому районі тимчасово призупинили.

У відповідь на негативний вплив видобутку вугілля на землю та велику кількість покинутих шахт у США федеральний уряд прийняв Закон про контроль і рекультивацію видобутку на поверхні 1977 року, який вимагає планів рекультивації майбутніх вуглевидобувних ділянок, в Україні це регулюється Земельним кодексом України від 25 жовтня 2001 року, Законом України «Про охорону земель» від 19 червня 2003 року. Перед початком видобутку ці плани повинні бути схвалені федеральними або державними органами влади [1-2].

1.2 Водне господарство

Поверхнева розробка корисних копалин може погіршити стан підземних вод багатьма способами: дренажем придатної води з неглибоких водоносних горизонтів; зниження рівня води на прилеглих територіях і зміна напрямку течії всередині водоносних горизонтів; забруднення придатних для використання водоносних горизонтів під шахтними роботами внаслідок інфільтрації (перколяції) неякісної шахтної води ; і збільшення інфільтрації атмосферних опадів на відвалах. За наявності вугілля або вуглецевих сланців збільшення інфільтрації може призвести до: збільшення стоку низькоякісної води та ерозії з відвалів, поповнення низькоякісної води до неглибоких підземних водоносних горизонтів і потоку низькоякісної води до сусідніх потоків.

Забруднення як підземних вод, так і прилеглих потоків може тривати протягом тривалого часу. Погіршення якості потоку є наслідком кислотного дренажу шахти , токсичних мікроелементів, високого вмісту розчинених твердих речовин у дренажній воді шахти та збільшення навантаження осаду, що скидається в потоки. Коли поверхні вугілля оголюються, пірит контактує з

водою та повітрям і утворює сірчану кислоту. Коли вода стікає з шахти, кислота переміщується у водні шляхи; до тих пір, поки на хвості шахти йде дощ, виробництво сірчаної кислоти продовжується, незалежно від того, працює шахта чи ні. Також відвали та відвали для зберігання вугілля можуть давати осад у потоки. Поверхневі води можуть стати непридатними для сільського господарства, споживання людиною, купання чи інших побутових потреб.

Існує п'ять основних технологій, які використовуються для контролю потоку води на шахтах: системи водовідведення, золіві ставки (поверхневі водойми), системи відкачування ґрунтових вод, підповерхневі дренажні системи та підповерхневі бар'єри.

1.3 Забруднення води

Під час виробництва в коксохімічній промисловості утворюються різноманітні стічні води, з яких стічні води коксових печей вважаються найбільш токсичним побічним продуктом. Неочищений скид стічних вод коксових печей у навколишнє середовище посилить забруднення та може загрожувати флорі та фауні. Для оцінки рівня забруднення та визначення методу очищення необхідна фізико-хімічна характеристика. Карбонізація вугілля генерує газ та інші побічні продукти, такі як антрацен, толуол, нафталін, бензол і кам'яновугільні продукти. Стічні води, що утворюються при гасінні коксу, містять велику кількість органічних і неорганічних забруднюючих речовин, таких як амоній, сульфат, ціанід, тіоціанат, фенол і поліциклічні ароматичні вуглеводні (ПАВ). Вугільні котли, які використовують або вугілля, або буре вугілля, що багате вапняком, виробляють летючу золу, що містить оксид кальцію (CaO). Оксид кальцію легко розчиняється у воді з утворенням гашеного вапна (Ca(OH)_2), яке переноситься дощовою водою у річки, воду для поливу з районів золошлакових відвалів. Процес пом'якшення вапна осаджує іони Ca та Mg , усуває тимчасову жорсткість води, а також перетворює бікарбонати натрію в річковій воді на карбонат натрію.

Карбонат натрію (пральна сода) далі реагує із залишками Ca та Mg у воді, щоб усунути загальну жорсткість.

Через складність видалення органічних речовин очищені стічні води, що скидаються з заводу, не можуть досягати необхідного стандарту стоків; отже, вивільнені стоки стають небажаними. Коксохімічні заводи виробляють забруднені стоки, що утворюються внаслідок промивання аміачних кубів, які накопичуються з газоохолоджувачів у результаті конденсації/осадження. Стічні води містять ціанід, фенол, аміак і сульфід, які дуже токсичні для морського життя. Нерозчинні забруднювачі в основному з гудрону; утворюють на поверхні шар, який перешкоджає контакту кисню з повітрям.

Дрібні зважені частинки заглушають органи дихання риби, роблячи її непридатною для виживання. Важкі зважені частинки осідають на дні потоку та є джерелом подальшого забруднення. Неадекватне розведення, піридин, вільне вапно та тіоціанати також можуть мати далекосяжні проблеми для морського життя. Більша частина розчиненого кисню витрачається сполуками сірки, головним чином сульфідами, які також мають прямий небезпечний вплив на водне життя [1].

Викиди забруднюючих речовин із золошлаковиків у поверхневі води зазвичай включають миш'як, свинець, ртуть, селен, хром і кадмій. У США скиди в поверхневі води регулюються дозволами в Національній системі ліквідації скидів забруднюючих речовин (NPDES), в Україні це контролює Водний Кодекс України від 13 червня 1995 року та відповідні Закони.

1.4 Поводження з відходами

Спалювання вугілля залишає значну кількість золи-винесення, яка зазвичай зберігається в золошлаках (мокре зберігання) або на звалищах (сухе зберігання). Забруднювачі, такі як важкі метали, просочуються в ґрунтові води з некритих ставків або звалищ і можуть забруднювати водоносні горизонти протягом десятиліть або століть. В Україні класифікують 22 місця як потенційно

небезпечні для громад [3]. Така класифікація означає, що сміттєзвалища можуть призвести до загибелі та значної матеріальної шкоди, якщо така подія, як шторм, терористична атака чи збій конструкції, спричинить розлив. Близько 300 сухих звалищ і вологих сховищ використовуються по всій країні для зберігання золи від вугільних електростанцій. У сховищах зберігаються негорючі інгредієнти вугілля, включаючи золу, уловлену обладнанням, призначеним для зменшення забруднення повітря.

У районах з низьким вмістом вугілля відходи утворюють відвали. Териконний тип ландшафту формується в районах видобутку корисних копалин. Його також називають типом опускання териконів. Терикони представлені високими конусоподібними або зрізаними конусоподібними відвалами висотою 25-80 м, утвореними в результаті підземної розробки корисних копалин. Терикони відомі в Донбасі та західних областях України. Частина териконів рекультивована на невисоких пагорбах з пологими схилами 5-7 градусів, засаджених сріблястим мохом, акацією білою, кленом татарським. Але більшість териконів важко рекультивувати. Нижні частини їх частково поросли різнотрав'ям; схили крутизною 30-350 сильно еродовані.

Терикони також несуть велику загрозу навколишньому середовищу. Винесені на денну поверхню глинисті сланці складають у терикони. Ці сланці містять у своєму складі пірит, який швидко окислюється з утворенням сірчаної кислоти і триоксиду сірки. Останні два компоненти знижують кислотність водних розчинів до 2,5-3,5 рН. Таким чином, це унеможливорює вирощування будь-якої рослинності в цих умовах.

1.5 Дика природа

Видобуток вугілля завдає прямої та непрямой шкоди живій природі. Вплив на дику природу виникає в основному через порушення, видалення та перерозподіл поверхні суші. Деякі впливи є короткостроковими та обмежені ділянкою шахти, однак інші мають далекосяжні, довгострокові наслідки.

Найбільш безпосереднім впливом на дику природу є знищення або переміщення видів у місцях розкопок і відвалів. Ямні та відвали не здатні забезпечити їжу та укриття для більшості видів дикої природи. Мобільні види дикої природи, такі як мисливські тварини, птахи та хижаки, покидають ці території. Більш осілі тварини, такі як безхребетні, рептилії, риючі гризуни та дрібні ссавці, можуть бути знищені. Спільнота мікроорганізмів і процеси кругообігу поживних речовин порушуються переміщенням, зберіганням і перерозподілом ґрунту [4].

Деградація водних середовищ існування є серйозним впливом наземного видобутку корисних копалин і може спостерігатися за багато миль від місця видобутку. Забруднення поверхневих вод відкладеннями є звичайним явищем при видобутку корисних копалин. Видобуток опадів може зрости в тисячу разів у порівнянні з колишнім рівнем у результаті смугового видобутку.

Вплив осаду на водну дику природу залежить від виду та кількості забруднення. Високий рівень осаду може безпосередньо вбивати рибу, засипати нерестові ложа, зменшувати пропускання світла, змінювати температурні градієнти, заповнювати басейни, поширювати потоки на ширші, мілкіші території та зменшувати виробництво водних організмів, які використовуються як їжа іншими видами. Ці зміни руйнують середовище проживання цінних видів і можуть покращити середовище проживання менш бажаних видів. Існуючі умови вже є маргінальними для деяких прісноводних риб, і седиментація їх середовища існування може призвести до їх зникнення. Найсильніше забруднення дренажних відкладень зазвичай відбувається через 5...25 років після видобутку. У деяких районах незарослі відвали продовжують розмиватися навіть через 50...65 років після видобутку.

Наявність кислотоутворюючих матеріалів, відкритих у результаті видобутку корисних копалин, може вплинути на дику природу, знищивши середовище існування та спричинивши пряме знищення деяких видів. Менші концентрації можуть пригнічувати продуктивність, швидкість росту та розмноження багатьох водних видів. Кислоти, розведені концентрації важких

металів і висока лужність можуть завдати серйозної шкоди дикій природі в деяких районах. Тривалість забруднення кислотними відходами може бути тривалою; оцінки часу, необхідного для вилуговування відкритих кислотних матеріалів коливаються від 800 до 3000 років.

1.6 Забруднення повітря

Забруднення повітря внаслідок спалювання викопного палива, головним чином вугілля, призводить до того, що люди помирають у середньому на 5,5 років раніше, ніж могли б інакше.

Вугілля та відходи вугілля (зокрема зола-винесення, зола-винос і котловий шлак) виділяють приблизно 20 токсичних хімічних речовин, включаючи миш'як, свинець, ртуть, нікель, ванадій, берилій, кадмій, барій, хром, мідь, молібден, цинк, селен і радій, які небезпечні, якщо потрапляють у навколишнє середовище. Хоча ці речовини є слідовими домішками, спалюється достатня кількість вугілля, щоб вивільнялася значна кількість цих речовин.

Хайвелд Мпумаланга в Південній Африці є найбільш забрудненою територією в світі через гірничодобувну промисловість і електростанції на вугільній електростанції, а низина поблизу знаменитого парку Крюгера також знаходиться під загрозою нових проєктів шахт.

Джерела викидів поділяються на організованих і неорганізованих викидів. Неконтрольовані викиди в основному відбуваються через витоки через закриті отвори коксових батарей (дверцята, кришки завантажувальних отворів і відводи) або спричинені невловленими викидами під час проштовхування коксу та завантаження вугілля. Викиди коксової печі можуть вивільнятися, коли піч завантажується вугіллям. Під час коксування з піччю під надлишковим тиском відбуваються викиди через негерметичні дверцята, кришки та відводи. У рідкісних випадках під час збою обладнання або порушення процесу можуть виникати викиди коксової печі з байпасних труб.

Цих викидів не можна повністю уникнути, навіть якщо розглядати закриті установки відповідно до сучасного рівня техніки та найкращого стану технічного обслуговування, і вони містять пил, поліциклічні ароматичні вуглеводневі сполуки (ПАВ) і бензол як найважливіші компоненти. Канцерогенний бензо(а)пірен дуже часто використовується як керівна речовина для групи ПАВ.

Викиди від спрямованих джерел створюються в трубі для відхідного газу від недостатнього спалювання акумулятора. Найважливішими сполуками, які тут викидаються, є пил, NO_x , SO_x і CO_2 . Пил також виділяється газами, що відходять від контролю викидів штовхання, а також під час гасіння коксу. Викиди, спричинені підготовкою шихтового вугілля та класифікацією коксу, відповідно, тут не розглядаються, оскільки існують добре перевірені системи видалення пилу, які впораються з ними.

При спалюванні вугілля виділяється приблизно 75 млн т/с на рік діоксиду сірки (SO_2). Після вивільнення діоксид сірки окислюється до газоподібного H_2SO_2 , який розсіює сонячне випромінювання, отже, їх збільшення в атмосфері справляє охолоджуючий ефект на клімат, який маскує деяке потепління, спричинене збільшенням парникових газів. Вивільнення SO_2 також сприяє широкому підкисленню екосистем. [1]

1.7 Щорічний надлишок смертності та захворюваності

У 2008 році Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) та інші організації підраховали, що забруднення вугільними твердими частинками щорічно спричиняє приблизно один мільйон смертей у всьому світі, що становить приблизно третину всіх передчасних смертей, пов'язаних із усіма джерелами забруднення повітря.

Забруднювачі, що викидаються під час спалювання вугілля, включають дрібні тверді частки ($\text{PM}_{2,5}$) і приземний озон. Щороку спалювання вугілля без використання доступних технологій контролю забруднення призводить до тисяч смертей, яким можна було б запобігти. Дослідження, проведене на замовлення

асоціації медсестер штату Меріленд у 2016 році, показало, що викиди всього з шести вугільних установок штату Меріленд спричиняють 700 смертей на рік по всій країні, у тому числі 100 у Меріленді [5]. Після встановлення обладнання для зменшення забруднення на одному з цих шести, заводі Брендон Шорз, тепер виробляється на 90 % менше оксиду азоту, інгредієнта смогу; на 95 % менше сірки, яка викликає кислотні дощі; і значно менші частки інших забруднюючих речовин.

1.8 Економічні витрати

Профінансоване ЄС у 2011 році дослідження, відоме як ExternE або Externalities of Energy, протягом десятиліття з 2005 по 2015 рік показало, що вартість виробництва електроенергії з вугілля подвоїться в порівнянні з поточною вартістю, якщо врахувати зовнішні витрати. Ці зовнішні витрати включають шкоду навколишньому середовищу та здоров'ю людини через викиди твердих часток у повітрі, оксидів азоту, хрому (VI) і миш'яку, які утворюються вугіллям. Було підраховано, що зовнішні витрати на викопне паливо на нижній течії становлять до 1...2% від усього валового внутрішнього продукту (ВВП) ЄС, причому вугілля є основним викопним паливом, що підлягає обліку, і це було до зовнішніх витрат на глобальне потепління від цих навіть були включені джерела. Дослідження показало, що витрати на навколишнє середовище та здоров'я лише вугілля становили 60 євро/МВт-год, при цьому джерелами енергії з найнижчими зовнішніми витратами є атомна енергія 1,9 євро/МВт-год та вітрова енергія 0,90 євро/МВт-год [6].

Високий рівень поломок материнських плат у Китаї та Індії, ймовірно, пов'язаний із забрудненням повітря сіркою, що створюється вугіллям, яке спалюється для виробництва електроенергії, оскільки роз'їдає мідні схеми.

1.9 Викиди парникових газів

Спалювання вугілля є найбільшим джерелом антропогенного збільшення CO_2 в атмосфері. Виробництво електроенергії за допомогою спалювання вугілля виробляє приблизно вдвічі більше парникових газів на кіловат порівняно з виробництвом за допомогою природного газу.

Видобуток вугілля виділяє метан, потужний парниковий газ. Метан є природним продуктом розпаду органічної речовини, оскільки вугільні відкладення утворюються зі збільшенням глибини залягання, підвищенням температури та підвищенням тиску протягом геологічного часу. Частина виробленого метану поглинається вугіллям і пізніше виділяється з вугільного пласта (і навколишніх порушених шарів) під час процесу видобутку. На метан припадає 10,5 % викидів парникових газів, створених діяльністю людини. За даними Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, метан має потенціал глобального потепління в 21 раз більше, ніж вуглекислий газ протягом 100 років. Процес видобутку може призвести до викиду метану. Ці гази можуть становити загрозу для шахтарів, а також бути джерелом забруднення повітря. Це пов'язано з ослабленням тиску та розривом пластів під час гірничодобувної діяльності, що створює занепокоєння щодо безпеки шахтарів у разі неправильного управління. Підвищення тиску в пластах може призвести до вибухів під час (або після) процесу видобутку, якщо не вживаються методи запобігання, такі як «викачування метану».

У 2008 році Джеймс Е. Хансен і Пушкер Хареча опублікували рецензоване наукове дослідження, в якому аналізується вплив поступової відмови від вугілля на рівні CO_2 в атмосфері. Їхній базовий сценарій пом'якшення наслідків передбачав поступове припинення глобальних викидів вугілля до 2050 року. Відповідно до сценарію, атмосферний CO_2 досягає піку в 563 частин на мільйон (ppm) у 2100 році. Згідно з чотирма сценаріями припинення викидів вугілля, атмосферний CO_2 досягає піку в 422...446 частин на мільйон між 2045 і 2060 роками, а потім знижується [1].

1.10 Радіаційний вплив

Вугілля також містить низькі рівні урану, торію та інших природних радіоактивних ізотопів, які, потрапляючи в навколишнє середовище, можуть призвести до радіоактивного забруднення. Вугільні заводи випромінюють радіацію у вигляді радіоактивного летючого попелу, що вдихають люди та потрапляє у сільськогосподарські культури.

Якщо не брати до уваги накопичені відходи та ненавмисні викиди з атомних станцій, вугільні станції несуть більше радіоактивних відходів у навколишнє середовище, ніж атомні станції на одиницю виробленої енергії. Радіація, що випромінюється рослинами і переноситься золотом, отриманим із вугілля, доставляє в навколишнє середовище в 100 разів більше радіації, ніж нормальна робота подібної продуктивної атомної станції. Це порівняння не враховує решту паливного циклу, тобто видобуток і переробку вугілля та урану та утилізацію відходів.

1.11 Небезпека для шахтарів

Історично видобуток вугілля був дуже небезпечною діяльністю, і список історичних катастроф у вугільній промисловості довгий. Основними небезпеками є провали шахтних стін і зіткнення транспортних засобів; Небезпека підземних гірничих робіт включає задиху, отруєння газом, обвал даху та вибухи газу. Хронічні легеневі захворювання, такі як пневмоконіоз (чорні легені), колись були поширеними серед шахтарів, що призводили до скорочення тривалості життя. У деяких видобувних країнах чорні легені все ще поширені.

В Україні протягом останнього десятиліття загинуло в середньому 23 шахтарів на рік. Останні аварії на вугільній промисловості.

В менш розвинутих країнах і деяких країнах, що розвиваються, багато шахтарів продовжують щорічно гинути через прямі нещасні випадки у вугільних шахтах або через несприятливі наслідки для здоров'я від роботи в поганих

умовах. У Китаї, зокрема, найбільша кількість смертей, пов'язаних з видобутком вугілля, у світі: офіційна статистика стверджує, що у 2014 році було 6027 смертей.

Вибухи газів можуть викликати набагато небезпечніші вибухи вугільного пилу, який може охопити цілу яму. Більшість із цих ризиків можна значно зменшити на сучасних шахтах, і численні випадки зі смертельними наслідками тепер рідкість у деяких частинах розвиненого світу. Сучасна гірнича справа в приносить до приблизно 30 смертей на рік через аварії на шахтах.

Таким чином вугільна промисловість як України так і у всьому світі завдає суттєвий вплив як на оточуюче середовище – землю, воду, повітря, дику природу, так і призводить до погіршення здоров'я людини і навіть до смерті, тягне великі економічні витрати.

2 КОКСОХІМІЧНІ ПІДПРИЄМСТВА УКРАЇНИ ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТАН НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Найбільшими центрами видобудку вугілля України були Донецьк, Макіївка, Єнакієве, Маріуполь, Алчевськ, Авдіївка, Дніпропетровськ, Кривий Ріг, Запоріжжя та Дніпродзержинськ (рис.2.1). Тим самим у цих районах зосереджена переважна більшість коксохімічної промисловості.



Рисунок 2.1 – Сировинна база коксохімічної промисловості [7]

Серед них найбільшими виробниками коксу у Донецькій області були:

- Авдіївський коксохімічний завод,
- Маріупольський коксохімічний завод,
- Ясинівський коксохімічний завод,
- Макіївський коксохімічний завод,
- Єнакіївський коксохімпром,
- Донецький коксохімічний завод,

– Краматорський коксохімічний завод.

Через воєнні дії коксохімічні заводи України у 2022 році за період із січня по листопад включно значно скоротили обсяг виробництва продукції на 6% або до 18,731 млн. тонн.

Імпортні поставки коксівного вугілля на заводи в 2022 році впали. За 11 місяців вони становили 61,9% (для порівняння у 2020 році за цей же період - 72,7%). Загальний обсяг продукції становив 11,834 тон вугілля та концентрату.

За підсумками 11 місяців 2021 року наприклад Авдіївський коксохімічний завод скоротив виробництво на 9,7% або до 2,417 мільйона тон порівняно з попереднім роком, «Азовсталь» випустив на 9,8% менше продукції (до 1,111 мільйона тон), ДКХЗ знизив продуктивність на 6,3% (до 505 тисяч тон), Запоріжжкокс мінус 0,8% (до 887 тисяч тон). Та на відміну такі коксові виробництва як «Дніпрококс», «ArcelorMittal Кривий Ріг», «Південкокс» наростили виробництво металургійного коксу.

Так комплексний індекс забруднення атмосферного повітря у Кривому Розі склав 8,77. У Кривому Розі у 2023 році обсяг викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря сягнув 65,8 тис. тон, що на 71% менше, ніж у 2022 році. Найбільшим забруднювачем стало ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг», на частку якого припадає 88,5% від загального обсягу викидів, повідомляє управління екології виконавчого комітету Криворізької міської ради. У 2023 році обсяг виробництва гірничо-металургійних підприємств міста скоротився на 62%. Найбільшими забруднювачами повітря були: ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» – 88,5%; ВАТ ЦГЗК (Центральний гірничо-збагачувальний комбінат) – 3,3%; ПАТ «Кривий Ріг Цемент» - 2,7%; ВАТ «ПІВНГОК» (Північний гірничо-збагачувальний комбінат) - 2,4%; інші підприємства – 3,1% [1, 5-8].

За даними лабораторії моніторингу атмосферного повітря у м. Харків у 2023 році порівняно з 2022 роком відбулося зниження середньорічних концентрацій: пилу – на 25%; формальдегід – на 21%; оксид вуглецю – на 50%; сірководень – на 50%; діоксид азоту – на 40%. Однак значення середньорічних концентрацій перевищували ГДК по пилу в 2 рази, по формальдегіду в 3,7 рази.

Комплексна характеристика забруднення атмосферного повітря в цілому оцінюється індексом забруднення атмосферного повітря у 9,58, що на 38% менше порівняно з 2022 роком та на 38% менше порівняно з базовим 2015 роком.

Комплексний індекс забруднення повітря у Дніпрі становить 11,9, у Кам'янському – 12,8.

2.1 Проблема забруднення атмосфери коксохімічними підприємствами

Коксохімічне виробництво є однією з найнебезпечніших галузей українського сектору економіки, яка пов'язана з широким спектром негативних впливів на всі елементи навколишнього середовища. Додаткову проблему створює історичне територіальне розташування підприємств поблизу житлових масивів. Посилення національного екологічного законодавства та міжнародних вимог спонукають коксохімічні заводи використовувати інноваційні сучасні технології.

Одним із ключових проблем впливу коксохімічних підприємств є надходження небажаних забруднюючих речовин до атмосферного повітря. При видобутку природного газу задіяний економічний ресурс, на відміну від доменного та коксового газів, відбувається негативний вплив на природні екологічні системи. Головною рушійною силою на шляху пошуку альтернативних джерел енергії є насиченість викопним паливом. Доменні та коксові гази одержують як побічний продукт у металургійних і коксових процесах. Синтез цих газів супроводжується утворенням відходів і експлуатацією ґрунтових екосистем [3].

Викиди у процесі коксування та спалювання викопних копалин залишається актуальною проблемою. В першу чергу це пов'язано з тим, що заявлені викиди провокують парниковий ефект. Це явище постійно розвивається і за останні роки значно посилило свій негативний вплив на планету. Так, наприклад, недавні дослідження прогнозують потепління клімату протягом 21 століття від 1,0 до 3,7°C, а в 1993 році вчені зазначили, що парниковий ефект

може викликати подальше потепління на $0,3^{\circ}\text{C}$ протягом десятиліття, якщо не буде вжито відповідних заходів, які можуть спричинити глобальні зміни в структурі сільського господарства, опадів, водних ресурсів, підвищення рівня моря та затоплення узбережжя, виникнення таких явищ, як посухи та урагани. За даними Агентства з охорони навколишнього середовища США, спалювання вугілля дає близько 65 % глобальних викидів парникових газів. Порівняно з іншими вуглеводневими видами палива, такими як природний газ, коксовий газ має високий вміст сірководню, тому промислові підприємства впроваджують найсучасніші технології десульфуризації. В Україні розроблені вакуумно-карбонатні, миш'яково-содові та моноетаноламінні методи очищення, комплексне очищення коксового газу від сірководню та аміаку з розкладанням аміаку на високоефективних каталізаторах. Крім того, проблема дефіциту енергоресурсів є загальновідомою та актуальною для фахівців. Тому пошук альтернативних джерел енергії є одним із пріоритетних завдань економіки країн світу. Ресурсозбереження та повторне використання відходів і відновлення побічних продуктів є способами вирішення цих проблем. Практика коксохімічних і металургійних підприємств доводить, що використання у виробництві доменного і коксового газів дозволить не витратити кошти на природний газ і утилізувати побічні продукти.

Промислові потужності та основне очисне обладнання більшості коксохімічних підприємств нашої держави були побудовані в епоху індустріалізації, коли основною метою було нарощування випуску промислової продукції. Разом з основною продукцією - коксом, збільшено обсяги коксового газу, який утворюється при високотемпературному нагріванні вугільної шихти в коксових доменних печах. Коксовий газ складається з пірогенних водяних парів, кам'яновугільного пеку, метану, водню, оксидів і діоксидів вуглецю, сполук азоту, аміаку, сірководню, аміачно-вуглецевої кислоти, великої кількості ненасичених ароматичних вуглеводнів, нафталіну та інших речовин. Для промислового використання газ такого хімічного складу неприйнятний, тому його очищують у відділеннях утилізації побічних продуктів коксохімічних

підприємств. У зоні впливу коксохімічних підприємств можуть перебувати житлові будинки та дачі, тому метою фахівців є скорочення викидів, які утворюються в процесі спалювання коксового газу. Враховуючи високий вміст сірководню в коксових газах, що призводить до значних викидів діоксиду сірки, на підприємствах галузі працюють потужності, які впроваджують реагентно-вакуумно-карбонатний, миш'яково-лужний та моноетаноламінний методи очищення газів від сірководню. Порівнюючи ці три методи, можна сказати, що в процесі очищення коксового газу миш'яково-лужним методом викиди діоксиду сірки і, відповідно, платежі підприємства за забруднення навколишнього середовища та шкоду, завдану навколишньому середовищу, будуть високими. Якщо порівнювати моноетаноламінний і вакуумно-карбонатний спосіб, то перший більш ефективний, двоступеневе очищення з моноетаноламіном методу відповідає вакуумно-карбонатний метод. Враховуючи високу токсичність моноетаноламінового реагенту, з точки зору впливу на персонал і навколишнє середовище доцільним буде застосування двоступеневої вакуумно-карбонатної очистки. Сьогодні коксохімічні підприємства використовують коксовий газ для розігріву коксових батарей, парогенераторних установок на власних ТЕЦ. Практика коксохімічних виробництв доводить, що коксовий газ, який використовується для роботи власних ТЕЦ, є повноцінною альтернативою природному газу. Такі комбіновані електро- і теплогенеруючі установки опалюють будівлі підприємств. На жаль, значна кількість коксового газу все ще утилізується за допомогою газовідвідного обладнання на коксохімічних заводах, тоді як цей ресурс можна використовувати для опалення сусідніх житлових будинків. Доменний газ - побічний продукт металургійного виробництва, який утворюється в доменних печах у процесі виплавки чавуну. Його основними компонентами є сполуки азоту, сполуки водню, оксиди та діоксиди вуглецю, метан. Перед використанням на металургійних підприємствах доменний газ очищають від зважених частинок. Очищення відбувається в декілька ступенів з використанням колекторів сухого типу та методів мокрого очищення - скрубєрні фільтри, труба Вентурі. Сьогодні доменний газ використовується для розігріву

парогенераторних установок ТЕЦ та для виробничих потреб. Доменний газ є низькокалорійним продуктом, який утворює значну кількість продуктів згоряння. Однак такі випадки не часті. Значна кількість газу утилізується на факелі. Природний газ газопроводів Уренгой-Ужгород і Центрально-Азіатський газопроводи не містить сірководню, отже, викиди діоксиду сірки в процесі згоряння цього газу будуть відсутні. На відміну від природного газу, коксовий і доменний газ містять сірководень. Підприємства України, які використовують доменний і коксовий газ, зазвичай не використовують сіркоочисне обладнання та сорбенти для утримання сірки. За відсутності такого обладнання значення коефіцієнта роботи установки сіркоочистки, ефективності очищення димових газів від оксидів сірки та ефективності утримання сірки золою або сорбентом в електростанції будуть дорівнювати нулю.

2.1.1 Викиди коксових печей

Основними джерелами забруднення атмосфери на коксохімічних підприємствах є викиди пилу та газів при завантаженні коксових печей, видачі та гасіння коксу. Так само активно відбувається витік газів через двері коксових печей у процесі коксування, пиловиділення при транспортуванні та обробці вугілля та коксу. Загальна кількість викидів залежить від конструкції та стану застосовуваного обладнання, а також дотримання правил технічної експлуатації та обслуговування, якості сировини, що переробляється. Коксохімічне виробництво забруднює атмосферу окислами вуглецю та сірки. На 1 т вугілля, що переробляється, виділяється близько 0,75 кг SO_2 і по 0,03 кг різних вуглеводнів і аміаку. Окрім газів, коксохімічне виробництво виділяє в атмосферу велику кількість пилу. Є дані, що з виробництві коксу на 1 т вугілля, що переробляється, виділяється близько 3 кг вугільного пилу. Також велика кількість пилу виділяється при розвантаженні та перевантаженні вугілля, в середньому 0,005 % від маси вугілля. Основне джерело забруднення атмосфери - це коксовий цех [9]. При завантаженні коксових печей вугільною шихтою

виділяється з кожної камери в навколишню атмосферу 1,5...2,4 кг пилу та 40...50 м³ газів, внаслідок чого запиленість повітря на робочих місцях коксового цеху та прилеглої території у багато разів перевищує допустиму норму (10 мг/м³). Концентрація завислих частинок у промислових газах, при обробці вугілля, досить високі: від млинів середня концентрація завислих частинок досягає 20...50 г/м³, від сушильних установок, для бурого вугілля 12... 25 г/м³, для кам'яного вугілля 10...20 г/м³.

Викиди коксових печей походять від великих печей, які використовуються для нагріву вугілля для виробництва коксу, який використовується для виробництва чавуну та сталі. Викиди являють собою складні суміші пилу, парів і газів, які зазвичай містять канцерогени, такі як кадмій і миш'як. Хімічні речовини, отримані з викидів коксових печей, використовуються як сировина для виробництва таких виробів, як пластмаси, розчинники, барвники, фарби та ізоляція.

Працівники коксохімічних заводів і заводів з виробництва кам'яновугільної смоли можуть піддаватися впливу викидів коксових печей. Професійне опромінення також може відбуватися серед працівників алюмінієвої, сталеливарної, графітової, електротехнічної та будівельної промисловості. Основними шляхами потенційного впливу на людину викидів коксової печі є вдихання та всмоктування через шкіру.

Вплив викидів коксової печі підвищує ризик раку легенів і, можливо, раку нирок. Зменшення негативного впливу можливо шляхом обмеження та зниження викидів від коксових печей, а також удосконалення газоочисних установок коксохімічного підприємства.

2.2 Негативний вплив викидів шкідливих домішок на навколишнє середовище

Щодня в атмосферу викидаються як газоподібні речовини (CO, NO_x, O₃, SO₂), так і техногенний пил. Відповідно негативному впливу зазнають

компоненти міського ландшафту України (рис. 2.2). У зв'язку з цим ризики повітряного забруднення навколишнього середовища займають особливе місце у сполученні «атмосфера - ґрунт - рослина - людина» [10].

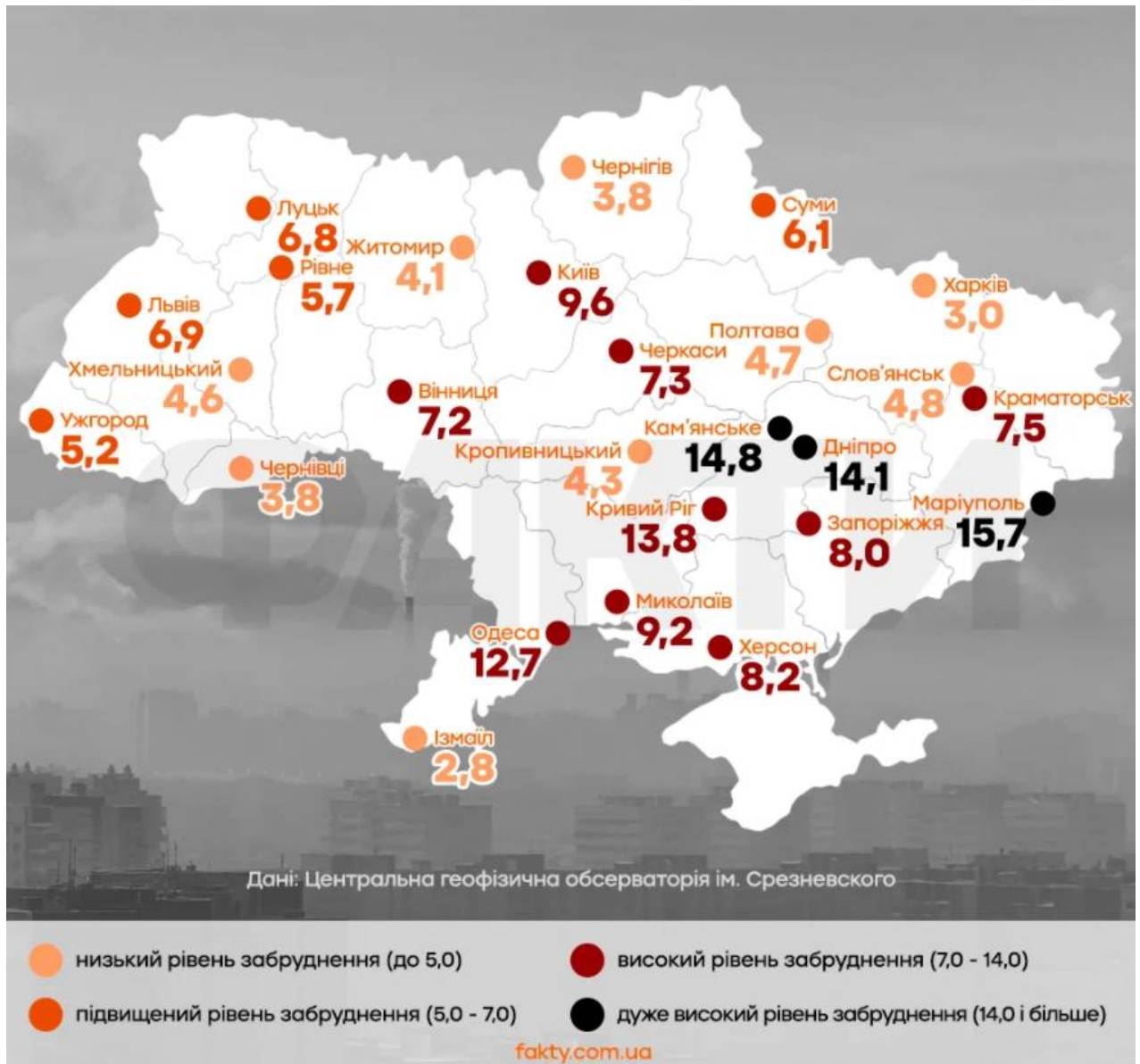


Рисунок 2.2 - Індекс забруднення повітря у містах України у 2020 році [2]

Відомо, що в середньому один коксохімічний завод групи викидає до 1,6...1,8 тони аерозолів оксидів азоту та сірки на кожну тонну виготовленої сталі. Це зумовлює високий рівень загальної захворюваності населення. Таким чином, промислові райони в силу своєї природи стають джерелом штучного

геохімічного накопичення речовин неорганічного та органічного походження з дуже локалізованою площею.

2.2.1 Пил, зола та інші тверді частки

Коксохімічні підприємства утворюють велику кількість пилу, що значно погіршує якість повітря, впливає на здоров'я людей і призводить до деградації рослинного покриву та різноманітності флори та фауни. Тому забруднення повітря пилом, особливо твердими частинками (ТЧ), викликає серйозне занепокоєння. Пил - це дрібнодисперсний пил, переважно PM_{10} з аеродинамічним діаметром менше 10 мкм і $PM_{2,5}$ з аеродинамічним діаметром менше 2,5 мкм. Середньорічна концентрація розсіювання PM_{10} та $PM_{2,5}$ по території України за 2018 рік наведено на рис. 2.3 та 2.4.

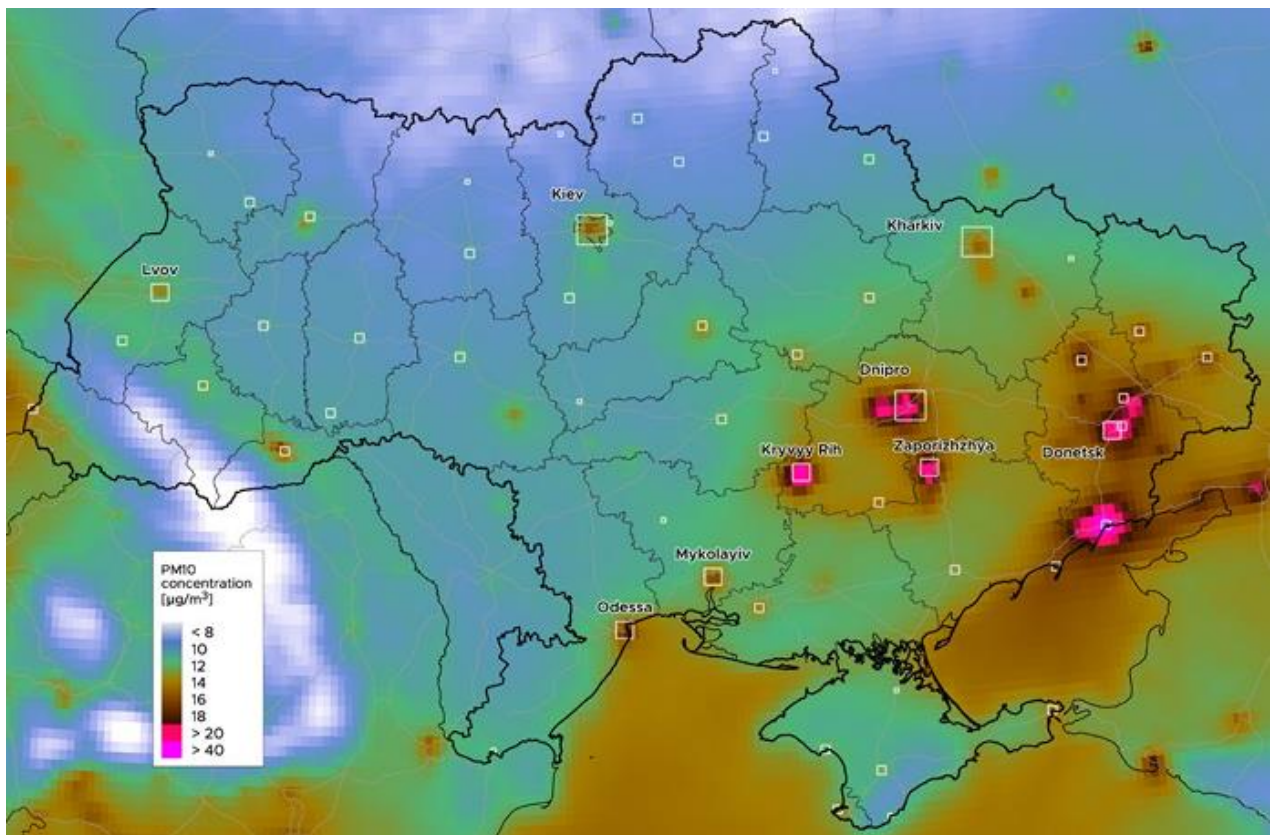


Рисунок 2.3 – Середня концентрація PM_{10} на території України на 2018 р. [2]

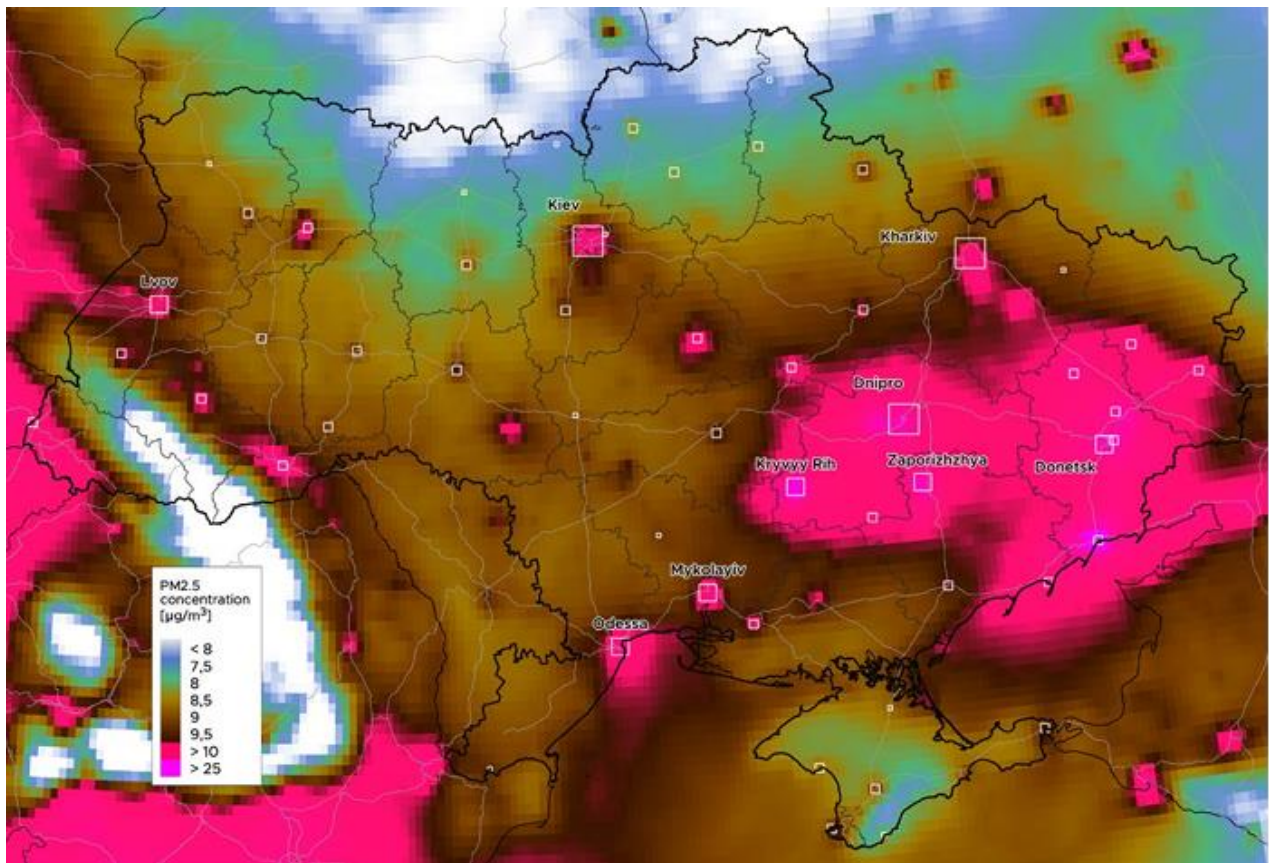


Рисунок 2.3 – Середня концентрація PM2,5 на території України на 2018 р. [2]

ТЧ мають невеликі розміри, можуть довго перебувати в повітрі та легко поглинати токсичні речовини, які викликають професійні захворювання. PM10 частіше вдихається через дихальні шляхи, а PM2,5 і дрібні частки <1 мкм (PM1) потрапляють глибоко в легені. Таким чином, РМ є значною причиною погіршення якості повітря, що створює негативний вплив на здоров'я людини. Через тривалий прямий контакт із вугільним пилом працівники в запиленому середовищі вдихають дрібні частинки пилу, які викликають респіраторні захворювання, серед яких пневмоконіоз є найсерйознішим. Згідно зі Статистичним бюлетенем про розвиток медичних послуг у Китаї за 2019 рік, по всій країні було зареєстровано 15898 випадків професійного пневмоконіозу, що становить 81,83% усіх професійних захворювань.

Під час спалювання вугілля щорічно викидаються мільйони тон золи-винесення і вугільного пилу, сприяючи утворенню ТЧ і, отже, основоположним ризикам для очікуваної тривалості життя. Після спалювання вугілля утворюється

багато золи-винесення, золи та шлаків, які спільно називають залишками згоряння вугілля. Зола-винесення потрапляє в навколишнє середовище в результаті транспортування та атмосферного переміщення золи-винесення на великі відстані, від вугільної станції до родовища та/або місця звалища при коксохімічному підприємстві, посилює свій вплив як на наземний, так і на водний тваринний та рослинний світ. Крім того, осадження летючої золи спричиняє серйозні наслідки для наземних екосистем у всіх промислових зонах, де відкладалися залишки згоряння вугілля. Подібним чином утилізація вологої золи може змінити структуру та результат, а також забруднити прилеглий ґрунт. Наявність залишків згоряння золи та мікроелементів у ґрунті, поблизу золоотливника, знижує рівень рН ґрунту. Зниження рН ґрунту нижче приблизно 5 робить його несприятливим для більшості культур, і це опосередковано впливає на харчову мережу.

Склад ТЧ відрізняється, оскільки вони поглинають багато забруднюючих речовин з повітря, включаючи NO_2 , і впливають на здоров'я людини і навколишнє середовище. РМ призводить до широкого спектру ризиків, пов'язаних з вугіллям, через перенесення органічних сполук, деякої кількості біологічного вуглецю, частинок серцевини та реактивних газів (наприклад, O_3 , CO , NO_2 тощо). Вміст металів у вугіллі, наявність поліциклічних ароматичних вуглеводнів (ПАВ) і деяких інших органічних сполук, таких як ендотоксини, посилюють токсичність ТЧ на фазах після спалювання. Поліциклічні ароматичні сполуки (ПАС) в основному складаються із заміщених і незаміщених ПАВ, які виділяються під час спалювання палива, тобто (вугілля або палива). Внаслідок вдихання ПАВ, що переноситься повітрям, утворюються речовини, що спричиняють несприятливий вплив на нейророзвиток дітей, зниження інтелекту у дітей. Крім того, ПАВ виробляє електрофільні реактивні продукти шляхом метаболізму за допомогою окисних шляхів, і ці реактивні продукти реагують з нуклеофільними центрами ДНК і білків, що призводить до мутації ДНК, епігенетичних ефектів, раку та різних серцево-судинних захворювань. Крім того, деякі роботи дослідників вказують на чіткий зв'язок між забрудненням повітря

та порушеннями розвитку, тобто вродженими аномаліями, несприятливими наслідками вагітності, дитячою смертністю та інші генетичні аномалії як на персоналізованому, так і на популяційному рівнях. Таким чином, рівень твердих частинок є однією з основних причин забруднення повітря, що переноситься, і було встановлено, що він викликає різні ракові, серцево-судинні захворювання та репродуктивні розлади.

Так само окремо можна розглянути шкідливі речовини, які входять до складу коксового газу, вони також завдають величезної шкоди атмосферному повітрі. До них відносяться: аміак, дані викиди становлять близько 0,5 тис. т на рік, оксид вуглецю 15,2 тис. т, оксид азоту, діоксид сірки. Особливо небезпечними викидами є сірководень, ціаністий водень, бензол, нафталін, феноли, а також тверді частинки вугільна та коксова пилу.

2.2.2 Аміак

Викиди аміаку (NH_3) зросли четвертий рік поспіль, збільшившись на 0,4% у всьому ЄС, з 2016 по 2017 рік, згідно з щорічним брифінгом ЄЕА «Статус звітності Директиви про національні граничні рівні викидів за 2019 рік». За період 2014-2017 рр. загальне зростання склало близько 2,5%. Це збільшення відбувається через відсутність скорочень викидів у паливному секторі, переважно у коксохімічних підприємствах. Викиди аміаку можуть призвести до збільшення кислотних відкладень і надмірного вмісту поживних речовин у ґрунті, річках чи озерах, що може мати негативний вплив на водні екосистеми та завдати шкоди лісам, посівам та іншій рослинності. Евтрофікація може призвести до серйозного зниження якості води з подальшим впливом, включаючи зменшення біорізноманіття та токсичність. Навіть при надзвичайно низьких концентраціях аміак завдає шкоди водним організмам.

2.2.3 Оксид вуглецю

У глобальному масштабі окис вуглецю впливає на кількість парникових газів, які пов'язані зі зміною клімату та глобальним потеплінням. Середньорічна концентрація розповсюдження по території України на 2018 рік відображено на рисунку 2.5. Поблизу місця викиду оксид вуглецю може реагувати з іншими забруднювачами повітря. Коли ця реакція відбувається, існує ймовірність утворення шкідливого приземного озону.

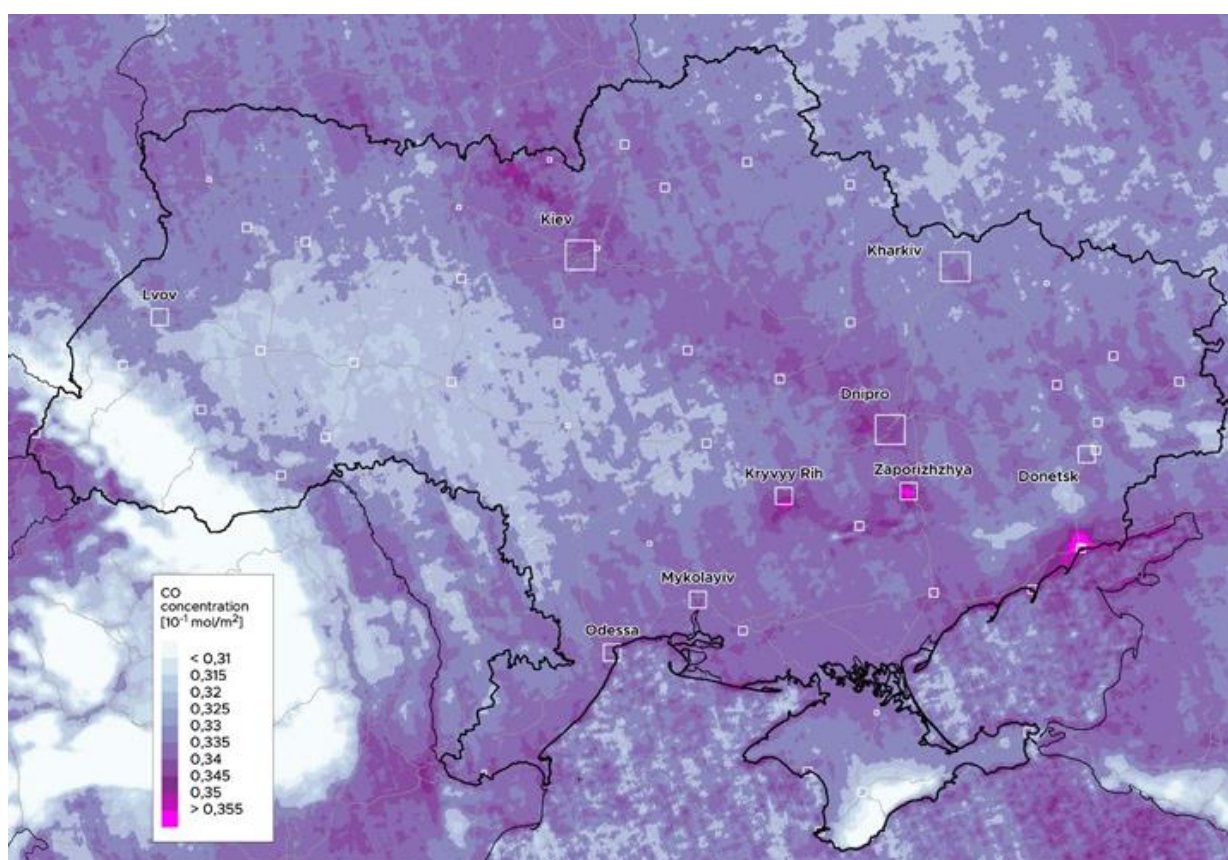


Рисунок 2.5 – Середня концентрація СО на території України на 2018 р. [2]

Одним із найбільш важливих ефектів чадного газу є його вплив на живі організми. Через те, що окис вуглецю знижує здатність організму транспортувати кисень, його вплив є дуже шкідливим.

Окис вуглецю надзвичайно небезпечний для здоров'я людини при вдиханні. Це знижує здатність організму переносити кисень кров'ю. Вплив чадного газу на здоров'я може відрізнятися залежно від рівня впливу. При

низьких рівнях впливу чадний газ може викликати головний біль, втому, задишку або порушення рухових функцій (що може призвести до труднощів при ходьбі). При високих рівнях або тривалому впливі окис вуглецю може спричинити запаморочення, біль у грудях, розмитість зору та труднощі мислення. Нарешті, вплив чадного газу на дуже високих рівнях може призвести до конвульсій, коми або навіть смерті.

2.2.4 Сірка

Сірка у вугіллі окислюється під час згоряння та забруднює повітря, воду та землю, вивільняючи SO_x (SO_2 , SO_3 , SO_3^{2-} і H_2SO_4). Утворення отруйного газу SO_2 , основного забруднювача повітря, може прискорити швидкість захворювань і скоротити очікувану тривалість життя людей, що проживають навколо електростанцій. Середньорічна концентрація розсіювання по території України на 2018 рік відображено на рисунку 2.6.

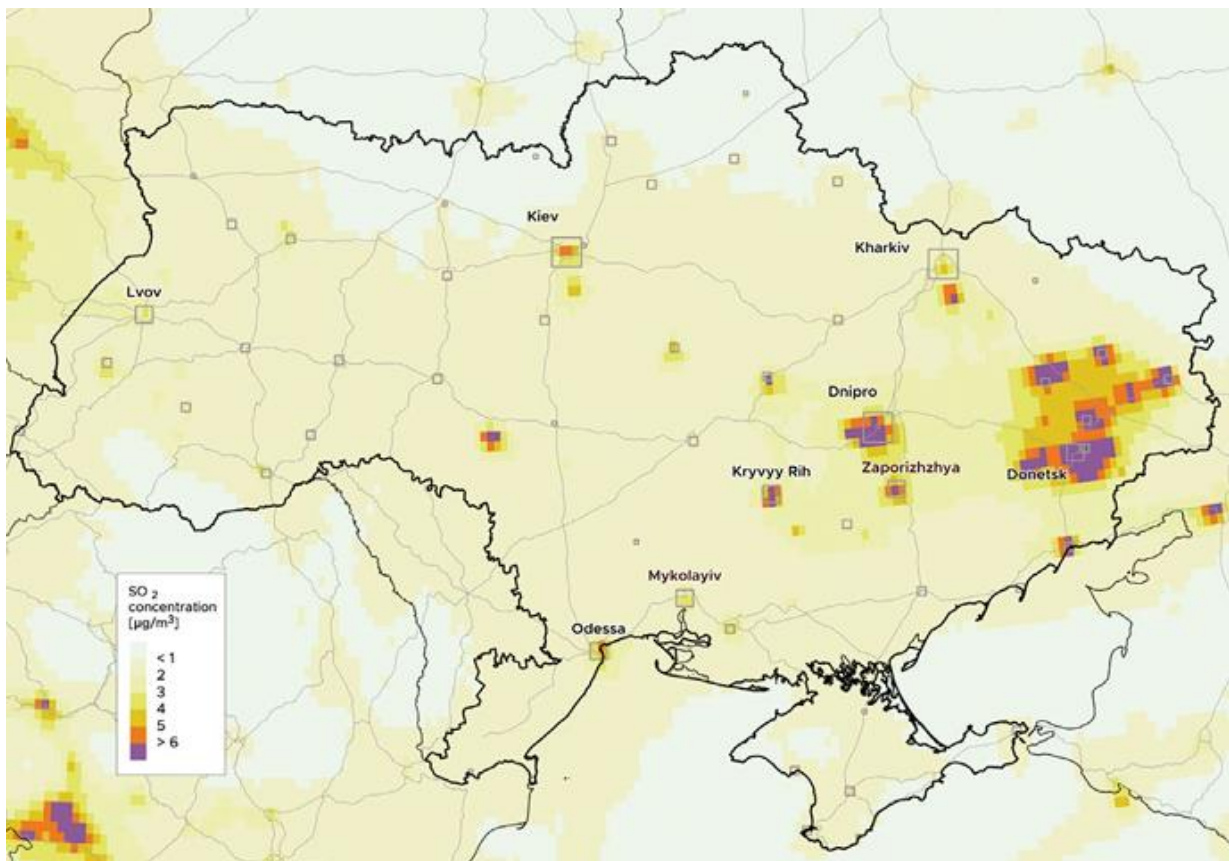


Рисунок 2.6 – Середня концентрація SO_2 на території України на 2018 р. [2]

Окрім SO_2 , інші SO_x , такі як сульфат (SO_3^{2-}) і сірчана кислота (H_2SO_4), завдають шкоди навколишньому середовищу у вигляді кислотних дощів. Високий вплив SO_2 викликає задуху, хрипи, кашель і зниження функції легенів, впливаючи на слизові та клітинні муцини. Газ SO_2 також завдає шкоди прилеглий флорі та посівам, що призводить до пошкодження листя, впливаючи на ріст рослин і зменшуючи різноманітність видів рослин. SO_2 також вважається сильним фітотоксичним газом, що спричиняє гостре ураження листя у рослин. Однак шкоду, спричинену SO_2 рослинам, чітко не вивчено. Крім того, кислотний дощ (H_2SO_4), гідратований продукт SO_3 , потенційно пошкоджує клітини шкіри, руйнує будівельний матеріал і всебічно впливає на рослинність і харчовий ланцюг, забруднюючи флору і фауну через вимивання важких металів [11].

2.2.5 Оксид азоту

Як і SO_2 , оксид азоту (NO_2), ще один головний забруднювач із високими корозійними властивостями і сильною окислювальною здатністю, утворюється в результаті технологічних процесів у коксохімічних підприємствах головним чином при коксуванні вугілля і забруднює повітря. NO_2 утворює найважливішу частину кислотних дощів, як азотиста кислота HNO_2 і азотна кислота HNO_3 , що викликає велику кількість шкірних захворювань. Надходження забруднювачів повітря SO_x і NO_x у кровотік і клітини дестабілізує нормальне серцебиття (ритми) і призводить до серцевих нападів та інших серцевих проблем. Крім того, високий рівень NO_2 ($>1500 \text{ мг/м}^3$) у повітрі спричиняє зниження легеневої функції у людей. Деякі люди виявилися вразливими до меншої кількості NO_2 і мали напади астми при прямому контакті з цим забруднювачем. У кількох дослідженнях вплив NO_2 навіть при низьких рівнях концентрації (до 550 мкг/м^3) корелювало з порушенням функції легень. Газоподібний озон, який утворюється в результаті реакції NO_2 з леткими органічними сполуками в повітрі, викликає загострення астми у немовлят, пов'язані з озоном.

Під час спалювання вугілля NO_2 , інший основний забруднювач із високими корозійними властивостями та сильною окислювальною здатністю, вивільняється та накопичується в повітрі та кумулятивно завдає шкоди навколишньому середовищу та здоров'ю. Побутове використання вугілля також підвищує рівень впливу NO_2 . Діоксид азоту, оксид азоту (NO) і деякі інші NO_x беруть участь в утворенні вторинних кислотних частинок. Вдихуваний NO викликає гіпоксичну дихальну недостатність, яка головним чином пов'язана зі стійкою легеневою гіпертензією новонароджених. Діоксид азоту посилює ферментативну активність внутрішньоклітинної розчинної гуанілілциклази, яка збільшує виробництво клітинним цГМФ, і призводить до токсичності. На молекулярному рівні NO_2 і пероксинітрит разом посилюють структурні зміни в ДНК через клітинний стрес, викликаний вільними радикальними формами кисню, що утворюються в результаті реакції NO_2 з органічними забруднювачами в присутності сонячного світла. Вплив NO_2 на культивовані клітини призводив до змін ядерного рівня (розривів ланцюгів ДНК), що лежало в основі виникнення раку. Гідратація NO_2 утворює азотисту кислоту HNO_2 і азотну кислоту HNO_3 шляхом реакції з дощовою водою, важливим компонентом кислотних дощів. Присутність цих кислот у кислотних дощах руйнує рослинність і будівлі, викликає опіки шкіри та рак шкіри [1, 8, 12]. Прямий вплив шкідливих газів, таких як CO , NO_2 і SO_2 , спричинив зниження швидкості фотосинтезу. Таким чином, викиди NO_x (NO_2 , NO , HNO_3) під час спалювання вугілля спричиняють багато проблем для здоров'я та навколишнього середовища.

2.2.6 Важкі метали

Важкі метали - це незруйновані хімічні елементи, які утворюються під час спалювання вугільного палива. Ці важкі метали свинець (Pb), ртуть (Hg), миш'як (As), кадмій (Cd), хром (Cr) і сурма (Sb)) містяться у вугіллі в слідових кількостях. Однак на коксохімічних підприємствах утворюється велика кількість відходів після технологічних процесів коксування вугілля або спалювання у

вигляді золи-винесення, золи та шлаку. Такі важкі викиди важких металів у повітря потім вдихаються людьми та тваринами, що спричиняє смертельні захворювання, включаючи рак. Утворюється зола з важкими металами, яка забруднює воду та харчову мережу, а потім, нарешті, споживається людьми, а також фіто- та зоопланктоном. Крім того, вугільна пуста порода, головний промисловий вугільний залишок, в основному викидається під час переробки та використання вугілля. Через безперервне використання вугілля процес очищення вугілля щороку виробляє велику кількість вугільної породи. Наприклад, у Китаї було досягнуто приблизно 4,5 мільярдів тон запасів кам'яного вугілля, і вони все ще постійно збільшуються із середньою швидкістю приблизно 750 мільйонів тон на рік. Отже, утилізація пустої породи, що містить велику кількість отруйних слідів металів (наприклад, Pb, Hg і As), викликає велику кількість екологічних проблем і проблем зі здоров'ям [12].

2.2.7 Бензол

Бензол є простою циклічною органічною сполукою, яка природним чином зустрічається в навколишньому середовищі в низьких концентраціях. Бензол природним чином міститься в сирій нафті і, як наслідок, є складовою бензину. Він також утворюється при неповному згорянні викопного палива (нафтопродуктів, вугілля, меншою мірою деревини). Крім того, це комерційно важливий проміжний продукт у виробництві багатьох хімічних речовин.

Бензол є канцерогеном для людини, вдихання бензолу викликає гостру токсичну дію на центральну нервову систему людини, яка швидко зникає після закінчення впливу. Вдихання 800...1600 мг/м³ викликає запаморочення, сонливість, головний біль і нудоту, тоді як більш високі концентрації 4800 мг/м³ викликають ейфорію, за якою слідують запаморочення, головний біль, нудота, хитка хода, а при тривалому впливі - втрата свідомості. Короточасний вплив до 9600 мг/м³ можна терпіти протягом 0,5...1,0 годин. Однак вплив великих

концентрацій 64 000 мг/м³ або вище може бути фатальним протягом 5...10 хвилин [3. 8-10].

Концентрації бензолу у зовнішньому повітрі мають помітні сезонні коливання, взимку вони приблизно в 1,5...3 рази вищі, ніж влітку, можливо, через більшу поширеність холодних умов нерухомої погоди в цю пору року. Типові середні концентрації в районі Харкова за період з червня 2011 по травень 2012 року, наприклад, становили 3 мкг/м³ протягом весни та літа та 5 та 8 мкг/м³ протягом осінніх та зимових місяців відповідно.

2.2.8 Фенол

Фенол є токсичною сполукою, присутньою в стічних водах багатьох галузей промисловості, таких як коксохімічна, нафтохімічна промисловість, хімічна промисловість і промисловість, що виробляє смоли.

Основними галузями виробництва високоміцних фенольних стоків є коксохімічні заводи та заводи газифікації вугілля. Фенол та його похідні значно забруднюють навколишнє середовище через забруднення ґрунту, поверхневих і підземних вод і викликають занепокоєння в усьому світі. Феноли є одними з небезпечних забруднювачів, які найважче видалити, і вони відомі високою токсичністю для водних організмів, людей і рослин. Фенольні сполуки у споживчій воді виділяють небажаний запах і присмак у концентрації до 5 г/л; фенольне забруднення води може змінити біоту.

Токсична дія фенольних сполук зумовлена невизначеною токсичністю, пов'язаною з гідрофобністю, а також утворенням органічних радикалів і активних форм кисню. Феноли та катехоли виявляють перекисну здатність, гематотоксичні та гепатотоксичні, провокують мутагенез та канцерогенез у людини та інших живих організмів.

2.2.9 Нафталін

Нафталін є природним компонентом кам'яновугільної смоли та сирови нафти з типовим вмістом 11% та 1,3% відповідно [14].

Більшість викидів у повітря є результатом спалювання, а ключовими джерелами є коксохімічна промисловість, відкрите спалювання, вихлопні гази та сигарети.

Вплив нафталіну пов'язано з рядом негативних наслідків для здоров'я наприклад руйнацією еритроцитів - гемолітична анемія. Основними нераковими кінцевими точками є гіперплазія та метаплазія респіраторного та нюхового епітелію відповідно, а кінцевою точкою раку, яка викликає занепокоєння, є пухлини носа.

2.2.10 Ціаністий водень

Ціаністий водень утворюється в зоні горіння, головним чином під час піролізу різних сполук азоту у технологічних процесах коксохімічних виробництв, таких як білки та нітрати, при температурі вище 700 °C і з дефіцитом кисню.

У повітрі ціаніди зустрічаються переважно в газоподібній формі і можуть переноситися на великі відстані від джерела викидів. Тривалість перебування ціаністого водню в атмосфері оцінюється приблизно в 5 місяців.

Сполуки, що містять ціанідні іони, є швидкодіючими отрутами, оскільки порушують процес клітинного дихання. Основний ефект активності ціанідів полягає в поєднанні з тривалентним залізом цитохромоксидази, яка є ключовим ферментом дихального ланцюга. Це поєднання призводить до блокування внутрішньоклітинного дихання та посилення синтезу молочної кислоти. Хоча блокування цитохромоксидази має найбільш значний вплив, слід пам'ятати, що іони CN⁻ - також інгібують інші ферменти: глутаматдекарбоксилазу, ксантиноксидазу, супероксиддисмутазу, NO-синтазу та нітритредуктазу. Іон

ціаніду може спричинити пряме пошкодження нервової системи шляхом перекисного окислення ліпідів. Найбільш чутливими до токсичної дії ціанідів є тканини з найшвидшим метаболізмом кисню, а саме мозок і серцевий м'яз, але гіпоксія викликає порушення функціонування всіх клітин організму [14].

Отже, проведення заходів щодо підвищення екологічної безпеки та культури виробництва є обов'язковою умовою для зменшення таких викидів як тверді частинки пилу, золи, аміаку, ціаністого водню, нафталіну, оксиду азоту, оксиду вуглецю та ін. Зменшення кількості викидів на заводах досягають шляхом скорочення обсягів виробництва коксу та коксохімічної продукції, але це не вирішить питання. Необхідно впровадження сучасних екологічно безпечних технологічних процесів, реконструювати наявне газоочисне обладнання або встановлювати нове. А тому необхідно розробити дієвий спосіб найбільшого забруднювача від коксохімічних підприємств – пилу.

Метою роботи є зменшення концентрації пилу на коксохімічних підприємствах шляхом підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення.

Об'єкт дослідження – ПРАТ «Харківський коксохімічний завод».

Предмет дослідження – викиди ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» та їх вплив на навколишнє середовище.

Для досягнення поставленої мети необхідно рішення наступних задач:

- проаналізувати вплив вугільної промисловості на навколишнє середовище;
- проаналізувати вплив на навколишнє середовище коксохімічних підприємств України;
- розглянути існуючі способи та засоби, що використовується для пилопридушення на коксохімічних виробництвах;
- дослідити вплив ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на забруднення навколишнього середовища;
- виконати розрахунки витрат на викиди від ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»;

- розробити ефективні способи і засоби пилопридушення;
- визначити еколого-економічний ефект від розроблених способів і засобів пилопридушення.

З ГАЗООЧИСНЕ ОБЛАДНАННЯ, ЩО ВИКОРИСТОВУЄТЬСЯ ДЛЯ ПИЛОПРИДУШЕННЯ НА КОКСОХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВАХ

При виробництвах коксохімічних підприємств утворюється безліч забруднюючих речовин, пари різноманітних газів і для кожного виду існують газоочисні установки, що можуть уловлювати небажані компоненти, тим самим очищаючи гази, що викидаються до атмосфери.

Пари кислотних і лужних газів можуть утворюватися в різних процесах виробництва, зберігання, змішування та виробництва. Вони токсичні, корозійні, і їх важко контролювати.

- Газоочисні пристрої, які використовуються при цьому:
- Упаковані скрубери й абсорбери
- Скрубери Вентурі
- Багатоступеневі системи вологого очищення
- Вуглецеві адсорбери

Звичайні забруднювачі, які обробляються, включають діоксид сірки (SO_2), сірководень (H_2S), хлористий водень (HCl), фтористий водень (HF), етиленоксид (EtO) і аміак (NH_3) [15].

Тверді частинки є однією з найпоширеніших груп забруднювачів, які зустрічаються майже в кожному промисловому виробництві та виробничому процесі. Він включає як тверді частинки, так і певні краплі рідини.

Фізичні характеристики (вологі, сухі, липкі, тверді, рідкі, парові тощо), а також хімічний склад частинок необхідно завжди оцінювати, щоб визначити найбільш відповідне контрольне обладнання. Додаткові фактори, такі як застосування, вміст вологи в потоці повітря/газу, нормативні вимоги та інші наявні забруднювачі, також значно впливають на вибір пристрою керування.

- Газоочисні пристрої, які використовуються при цьому:
- Сухі пиловловлювачі (картридж/мішок)
- Колектори та видалення туману
- Колектори волоконного шару

- Вологі скрубери Вентурі
- Багатоступеневі очисні системи
- Гасник/конденсатори
- Вологі електростатичні фільтри (WESP)

Збір пилу – це дуже поширена програма контролю забруднення повітря, яка охоплює збір, фільтрацію, відділення та відновлення сухих, вологих і вибухонебезпечних частинок. Існує безліч варіантів сухих фільтруючих матеріалів, включаючи мішки, картриджі, фільтри-коробки, металеві сітки та незліченну кількість інших, які слід ретельно вибирати відповідно до специфіки застосування. Мокре збирання також є звичайним для вологих, липких і воскових часток і може зменшити експлуатаційні витрати протягом усього терміну експлуатації, усунувши фільтруючий матеріал. З вибухонебезпечним пилом можна боротися як вологим, так і сухим способом.

- Газоочисні пристрої, які використовуються при цьому:
- Сухі пиловловлювачі
- Скрубери Вентурі (колектори мокрого типу)

Термін «обладнання для контролю забруднення повітря» відноситься до систем, які запобігають потраплянню в атмосферу ряду твердих і газоподібних забруднюючих речовин, головним чином через промислові вихлопні труби (димоходи). Ці засоби контролю поділяються на дві категорії: ті, що обмежують викиди кислих газів, і ті, що обмежують викиди твердих частинок.

При хімічній модифікації небезпечну хімічну речовину перетворюють на інертну. Як правило, використовується десульфурація димових газів. Методи селективного каталітичного та некаталітичного відновлення використовуються для контролю викидів оксидів азоту зі стаціонарних установок шляхом перетворення оксидів азоту (NOx) у молекулярний азот (N₂). Техніки можуть використовувати біофільтрацію, термічне окислення або каталітичне окислення.

Найпоширенішим і простим методом очищення повітря є усунення небезпеки з повітря. Існує багато способів досягти цього, але зазвичай використовуються системи повітряних фільтрів.

Оскільки робоче середовище та умови відрізняються від одного об'єкта до іншого, для будь-якого конкретного джерела та виду забруднюючої речовини вибір належного обладнання або методу моніторингу передбачає більше, ніж просто ефективність роботи та витрати на експлуатацію. Кожна установка та об'єкт потребують різного типу моніторингового обладнання, рішення, яке базується на кількох факторах.

Поширеними типами промислового обладнання для контролю забруднення є: повітряні скрубери, мокрі скрубери, туманозбірники та електростатичні фільтри. Усі вони використовують численні методи контролю забруднення.

3.1 Вуглецеві адсорбери

Адсорбція газу, на відміну від абсорбції, є поверхневим явищем. Молекули газу сорбуються - притягуються й утримуються - на поверхні твердого тіла. Методи адсорбції газів використовуються для контролю ряду летких розчинників (наприклад, бензолу).

Активоване вугілля (розігріте деревне вугілля) є одним з найпоширеніших адсорбуючих матеріалів. Він дуже пористий і має надзвичайно високе співвідношення площі поверхні до об'єму. Правильно сконструйована вугільна адсорбційна установка може видаляти газ з ефективністю понад 95 %.

Адсорбційні системи конфігуруються або як стаціонарні шари, або як рухомі шари. В стаціонарних шарових адсорберах (рис. 3.1) забруднений потік повітря надходить зверху, проходить через шар або шар активованого вугілля та виходить знизу. В адсорберах з рухомим шаром активоване вугілля повільно рухається вниз через канали під дією сили тяжіння, коли повітря, що очищається, проходить через поперечний потік.



Рисунок 3.1 – Стационарний вугільний адсорбер [16]

Вугільний адсорбер фільтрує забруднене повітря, коли воно проходить над шаром активованого вугілля або через нього. Вугільний шар адсорбує та затримує речовини під час проходження повітряного потоку, випускаючи лише чисте повітря.

Багато різних процесів і цінних матеріалів, включаючи гідроксид літію, гідроксид натрію, аміни (такі як моноетаноламін), мінерали та цеоліти, можна використовувати у вуглецевих поглиначах (наприклад, серпентиніт).

3.2 Повітряні скрубери

Повітряний скрубер - це тип обладнання для очищення повітря, яке видаляє з повітря тверді частки за допомогою вологи або фільтрації повітряного потоку, який проходить крізь нього. Основне завдання скрубера - очищати повітря після того, як воно було забруднене шкідливими випарами, хімікатами, газами та забруднювачами. Повітряні скрубери (рис.3.2) є важливим компонентом будь-якого промислового процесу, який виробляє забруднювачі або шкідливі гази. Їх використання гарантує, що будь-яке повітря, що виходить з об'єктів підприємства, не містить домішок, небезпечних викидів або будь-яких забруднювачів. Повітряні скрубери корисні для видалення небажаних запахів і

надання свіжого, чистого повітря, на додаток до їхнього обов'язку як обладнання для очищення повітря.



Рисунок 3.2 – Повітряний скруббер [18]

Це система очищення повітря, яка фільтрує або охолоджує повітряний потік, коли він потрапляє в скруббер, щоб видалити з повітря тверді частинки. Очищувачі вологого та сухого повітря відрізняються за тим, як вони видаляють частки. Основне призначення скруббера повітря - очищати повітря після того, як воно було забруднене шкідливими газами, хімікатами, випарами та забруднювачами.

3.3 Скрубери мокрої дії

Вологі скрубери вловлюють зважені частинки шляхом прямого контакту з бризками води або іншої рідини. Принцип дії полягає у вимиванні частинок з брудного повітряного потоку, коли вони стикаються з незліченними крихітними крапельками та захоплюються ними. Зіткнення крапель від форсунок з

поверхнею розпилює краплі, зменшуючи розмір крапель і тим самим збільшуючи загальну площу контакту з поверхнею. Перевагою цих пристроїв є низька швидкість рециркуляції води та ефективність видалення частинок розміром понад 2 мкм становить приблизно 90 %.

Використовується кілька конфігурацій мокрих скрубєрів. В розпилювальний баштовий скрубєр, потік повітря, що тече вгору, омивається водою, що розбризкується вниз із серії сопел. Вода рециркулює після того, як вона буде достатньо очищена, щоб запобігти засміченню форсунок.

У мокрих очисниках повітря використовуються рідкі розчинники, тоді як у сухих скрубєрах використовуються тверді матеріали для видалення забруднюючих речовин. Обидва видаляють пов'язані запахи та газові забруднення з промислових вихлопних потоків. Мокрі скрубєри часто видаляють з повітря більше забруднюючих речовин, ніж сухі. Оскільки вони запобігають забрудненню зовнішнього повітря забруднювачами, вони необхідні для промислового виробництва чи очисних споруд. Мокрі очищувачі повітря можуть бути різних форм і розмірів і можуть використовуватися в будь-якій промисловості, яка випускає забруднювачі повітря.

Мокрі очищувачі повітря працюють, поглинаючи забруднення водою або розчинником на водній основі. Забруднений газ надходить у мокрий скрубєр знизу, рухається вгору через наповнений шар, а розчинник, що рухається вниз, розбризкується (рис. 3.3). Перш ніж газ покине скрубєр, він проходить через туманоуловлювач, щоб уловити будь-які краплі. Забруднювачі потрапляють у краплі розчинника. У металевому або композитному контейнері міститься рідкий розчинник. Через забруднений газ пропускається розчинник. При цьому скрубєр виділяє чистий газ, а розчинник поглинає забруднюючі речовини.

Мокрі скрубєри є ефективним обладнанням для очищення частинок та/або газів із промислових вихлопних потоків. Мокрий скрубєр працює шляхом додавання миючої рідини – зазвичай води – в потік нечистого газу. Очищувальна рідина збирає будь-які частинки або гази. Мокрі скрубєри є найкращим

обладнанням для боротьби з забрудненням повітря для збору твердих часток і газу в одній системі.

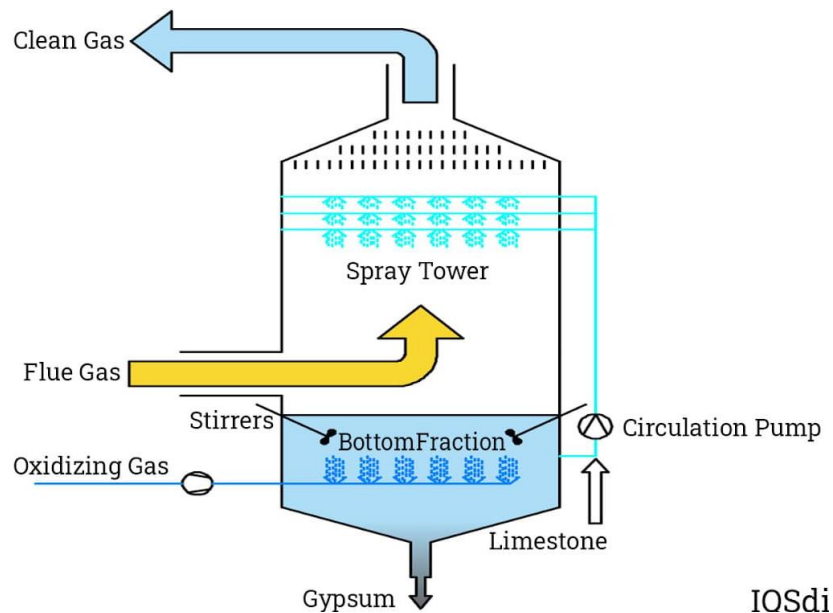


Рисунок 3.3 – Принцип дії скрубера мокрої дії [18]

Скрубери Вентурі є найефективнішими з мокрих колекторів, досягаючи ефективності понад 98 % для частинок розміром більше 0,5 мкм у діаметрі. Ефективність скрубера залежить від відносної швидкості між краплями та частинками. Скрубери Вентурі досягають високих відносних швидкостей шляхом впорскування води в горловину каналу Вентурі - звуження на шляху потоку - через який повітря, насичене частинками, проходить з високою швидкістю.

Склад розчинника впливає на те, наскільки добре він видаляє домішки. Електричний заряд розчинника є вирішальним компонентом. Здатність розчинника зв'язуватися з різними неорганічними забрудненнями залежить від його заряду, який може бути позитивним, негативним або нейтральним.

Існують прямоточні та перехресні скрубери для поглинання газів, а також використовуються насадкові конструкції скруберів. У прямоточній конструкції і газ, і рідина течуть в одному напрямку - вертикально вниз через скрубер. Незважаючи на те, що вони не такі ефективні, як протитечійні пристрої, вони можуть працювати з більшою швидкістю потоку рідини. Збільшений потік

запобігає закупорці сальника, коли повітряний потік містить високий рівень частинок. Прямоточні конструкції забезпечують знижений опір потоку повітря та дозволяють зменшити площу поперечного перерізу вежі. Конструкція з перехресним потоком, у якій газ протікає горизонтально крізь набивку, а рідина тече вертикально вниз, може працювати з меншим опором повітряному потоку за наявності високих рівнів твердих частинок.

3.4 Сухі повітряні скрубери

Для боротьби з конкретними забрудненнями скрубери сухого повітря швидко розпилюють хімікати у вихлопний потік. Забруднювачі випадають із повітряного потоку внаслідок реакції між реагентом і забруднювачами. Очищувач сухого повітря (рис. 3.4) є безпечним для навколишнього середовища, оскільки зібрані частинки та бризки або спалюються в теплі повітряного потоку, або вловлюються у фільтрі.



Рисунок 3.4 – Скрубер сухої дії [17]

Сухий повітряний скрубер не потребує видалення або зберігання стічних вод, що робить роботу більш економічно ефективною. Сухі скрубери в основному використовуються для вловлювання розчинників і кислотних парів.

3.5 Електрофільтри

Електростатичний фільтр, пристрій, який використовує електричний заряд для видалення певних домішок - твердих частинок або крапель рідини - з повітря чи інших газів у димових трубах та інших димоходах. Фільтр функціонує, застосовуючи енергію лише до твердих часток, що збираються, не перешкоджаючи значному потоку газів. Спочатку розроблені для відновлення цінних промислових матеріалів, електрофільтри використовуються для контролю забруднення повітря, зокрема для видалення шкідливих частинок із відпрацьованих газів на промислових підприємствах і електростанціях. Якщо такі частинки потрапляють в атмосферу, вони погіршують видимість, можуть сприяти зміні клімату та призвести до серйозних проблем зі здоров'ям у людей. Електростатичні фільтри можуть захоплювати дрібні частинки (менше 2,5 мікрон), які є особливо небезпечними, якщо вивільнитися, оскільки вони можуть проникати глибоко в легені та викликати запальні реакції.

Більшість підприємств виробляють свою продукцію, використовуючи викопне паливо, через що в атмосферу виділяється дим, що складається з сажі, попелу та незгорілого CO_2 . Використовуючи електричний заряд, електрофільтри видаляють сажу, попіл і незгорілий вуглекислий газ із диму та випускають чисте повітря або дим в атмосферу. Оскільки ці небезпечні частинки можуть завдати шкоди людям, навколишньому середовищу та структурам, видалення цих частинок має вирішальне значення.

Електрофільтри доступні в багатьох різних розмірах і типах (рис. 3.5), розроблених для різних характеристик пилу та крапель води та об'ємних потоків газу. Деякі типи призначені для роботи з газовими потоками з певними характеристиками температури та вологості. Сухі електрофільтри працюють над точкою роси газового потоку, щоб видалити домішки з диму та пилу. Вологі електрофільтри, навпаки, працюють з насиченими повітряними потоками, що мають 100 % відносну вологість. Вологі осадники зазвичай використовуються для видалення крапель рідини, в тому числі олії, смоли, смоли та туману

сірчаної кислоти, з газових потоків у промислових умовах. Вони застосовуються там, де гази переповнені вологою, містять горючі частинки або містять частинки, які можуть бути липкими.

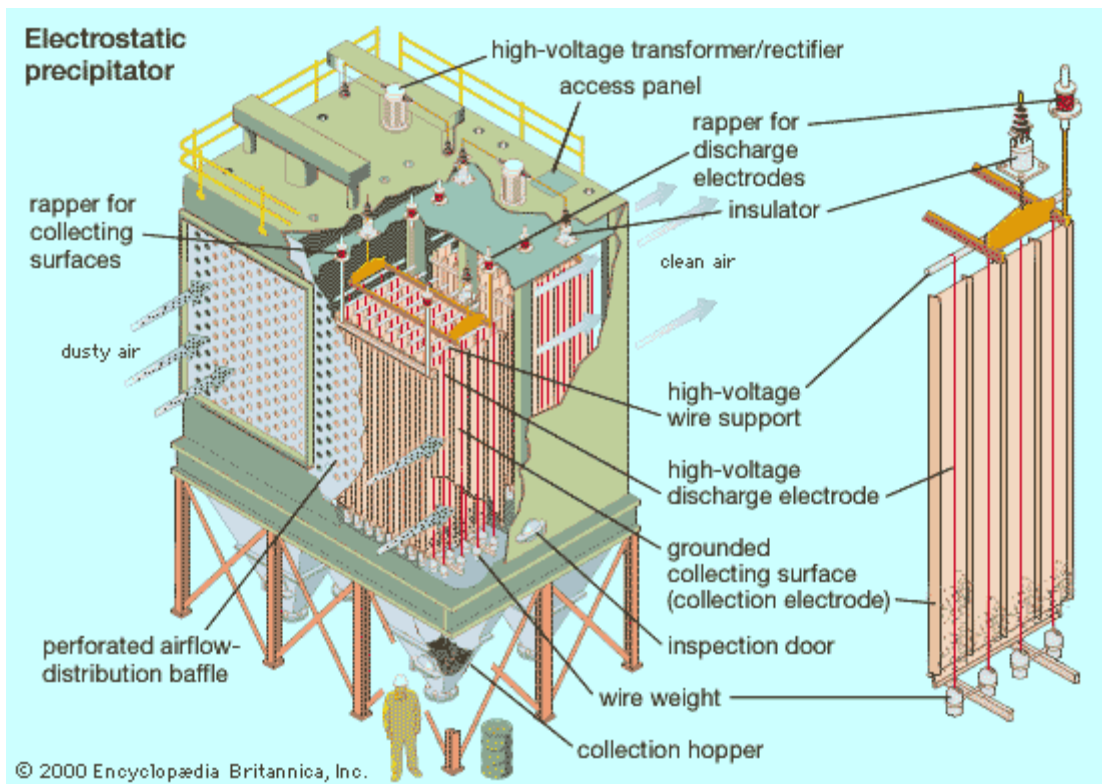


Рисунок 3.5 – Електрофільтр [19]

Дуже великі електростанції можуть мати кілька фільтрів для кожного блоку, тоді як житлові будинки можуть мати один фільтр, який часто лише трохи більший за побутовий пилосос. Деякі електрофільтри можуть збирати 99,9% або більше пилу (який може містити миш'як, кислоти та інші хімічні речовини) з вихлопних газів, залежно від температури та швидкості потоку газу, розміру та хімічного складу частинок, а також конструкцію електрофільтра та напругу, яку він подає на газ. Вони використовуються в наступних промислових і побутових цілях:

- Видалення бруду з димових газів в парових установках
- Видалення масляного туману в механічних цехах
- Видалення кислотних туманів на хімічних технологічних установках
- Очищення доменних газів

- Видалення бактерій і грибків в медичних установах і на фармацевтичних виробництвах
- Очищення повітря в системах вентиляції та кондиціонування
- Видалення матеріалу з потоку газу (включаючи оксиди міді, свинцю та олова)
- Відокремлення рутилу від цирконієвого піску в сухих млинах і установках відновлення рутилу

Заряджаючи частинки позитивно або негативно електричною енергією, електростатичний фільтр видаляє ці частинки з газового потоку. Блок осадження містить перегородки для розподілу повітряного потоку, розрядні та збиральні електроди, систему очищення від пилу та збірні бункери. Висока напруга постійного струму до 100 000 вольт, подається на розрядні електроди, щоб зарядити частинки, які потім притягуються до протилежно заряджених збиральних електродів. Зібрані частинки можна видалити або як сухий матеріал, або шляхом змивання їх із пластин збору водою.

Електрофільтр збирає дим або газ, коли він виходить з пальника або печі, пропускаючи газ або дим через дроти або пластини. Цей процес надає газу або диму статичний заряд, який потім збирається на другій пластині з негативним зарядом, де утримуються забруднюючі частинки.

У типовому пристрої збиральні електроди складаються з групи великих прямокутних металевих пластин, підвішених вертикально і паралельно одна одній у коробчатій структурі. Часто існують сотні пластин із сумарною площею поверхні в десятки тисяч квадратних метрів. Між колекторними пластинами висять ряди проводів розрядних електродів. Проводам надається негативний електричний заряд, тоді як пластини заземлюються і таким чином стають позитивно зарядженими.

Частинки, які прилипають до пластин збирання, періодично видаляються, коли пластини струшують. Струшування - це механічна техніка для відділення захоплених частинок від пластин, які зазвичай покриваються 6-міліметровим

шаром пилу. Частинки, що вилетіли, збираються в бункер у нижній частині пристрою та видаляються для утилізації.

3.6 Колектори туману

Колектор туману - це пристрій, який збирає пил та інші забруднювачі із коксохімічного повітря чи газу хімічних виробництв та покращує якість повітря. Вони фільтрують тверді частинки з повітря перед тим, як випустити їх в атмосферу, і також відомі як пилозбірники. Вони часто використовуються для збирання туману, що утворюється охолоджуючими рідинами та маслом у повітрі під час обробки металу.

Колектори туману (рис. 3.6), часто відомі як фільтри для видалення туману або вологи, є інструментами керування забрудненням повітря, які видаляють вологу та пару з газових потоків, таких як дим, олія, туман тощо. Краплі рідини відокремлюються від газу за допомогою дрібних сітчастих фільтрів, які потім збираються в іншій камері для обробки та, можливо, відновлення та повторного використання.

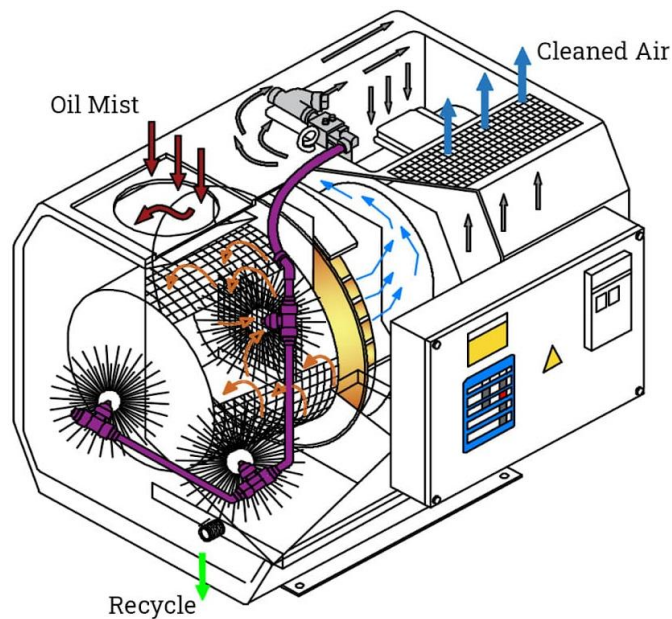


Рисунок 3.6 – Принцип дії колектора туману [16]

Деякі типи забезпечують ефективність до 99,9% для частинок діаметром менше 0,3 мм, колектори туману підтримують високу ефективність фільтрації субмікронних рідких частинок. Колектори туману можуть обробляти потоки їдких і кислих газів. Однак вони не можуть обробляти газові потоки з великими частками, оскільки вони можуть засмітити фільтр колектора, а отже перед ними необхідно встановлювати першу ступінь очистки – від крупнодисперсних зависей. Крім того, вони не використовуються в технологічних процесах, де температура перевищує 48 °С.

3.7 Циклонні пиловловлювачі

Циклони, також відомі як циклонні пиловловлювачі, є інструментами контролю забруднення повітря, які відокремлюють сухі тверді частки від газоподібних забруднюючих речовин, як повітряні фільтри. Циклони, однак, використовують відцентрову силу для збирання та видалення частинок, а не фільтраційне середовище. Потоки газу надходять у циклон (рис. 3.7) і рухаються крізь циліндричну камеру спіральним рухом. Великі частинки пришттовуються до стінки камери за допомогою обертowego руху, що зменшує їхню інерцію та змушує їх падати в збірний бункер, розташований нижче, для додаткової обробки та утилізації. Потоки очищеного газу продовжуються вгору та з циклону.

З більшим або меншим розміром частинок ефективність відповідно зростає або падає. Після того, як циклони потрапляють у систему контролю забруднення повітря, дрібніші частинки зазвичай видаляються за допомогою інших фільтруючих пристроїв, таких як рукавні камери.

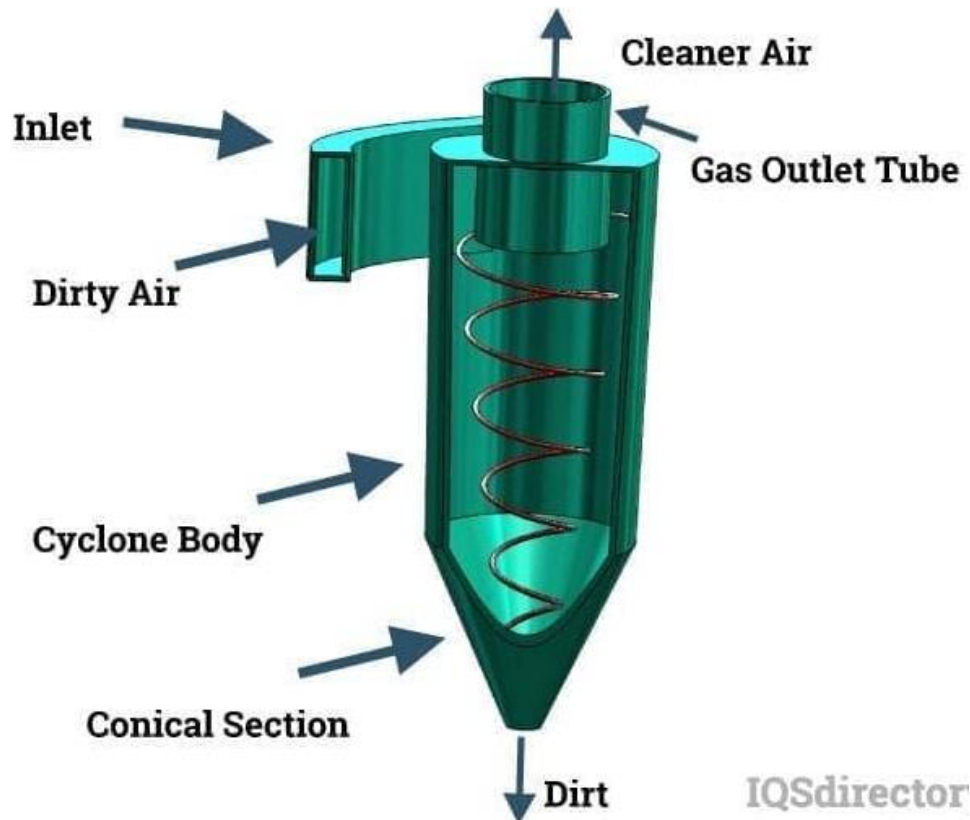


Рисунок 3.7 – Циклон-пильовловлювач сухої дії [16]

Циклон видаляє частки, змушуючи брудний потік повітря текти по спіралі всередині циліндричної камери. Брудне повітря надходить у камеру тангенціально від зовнішньої стінки пристрою, утворюючи вихор, коли воно обертається всередині камери. Великі частинки через свою більшу інерцію рухаються назовні та притискаються до стінки камери. Уповільнені через тертя об поверхню стіни, вони потім ковзають по стіні в конічний бункер для пилу в нижній частині циклону. Очищене повітря закручується вгору по вужчій спіралі через внутрішній циліндр і виходить через випускний отвір у верхній частині. Накопичений твердий пил періодично видаляється з бункера для утилізації.

Циклони найкраще видаляють відносно грубі частинки. Вони можуть регулярно досягати ефективності в 90 % для частинок розміром понад 20 мікрометрів. Однак самих по собі циклонів недостатньо, щоб відповідати суворим стандартам якості повітря. Вони, як правило, використовуються як попередні очищувачі, а за ними слідує більш ефективне обладнання для очищення повітря, таке як електростатичні фільтри та рукавні фільтри.

3.8 Рукавний фільтр

Одним із найефективніших пристроїв для видалення зважених часток є комплект тканинних фільтрувальних мішків, який зазвичай називають рукавним фільтром. Типовий мішок складається з низки довгих вузьких мішків (рис. 3.7) - кожен приблизно 25 см у діаметрі - які підвішені догори дном у великій камері. Запорошене повітря вентиляторами видувається вгору через дно корпусу. Тверді частинки затримуються всередині фільтрувальних мішків, тоді як чисте повітря проходить через тканину та виходить у верхній частині мішкового фільтра.

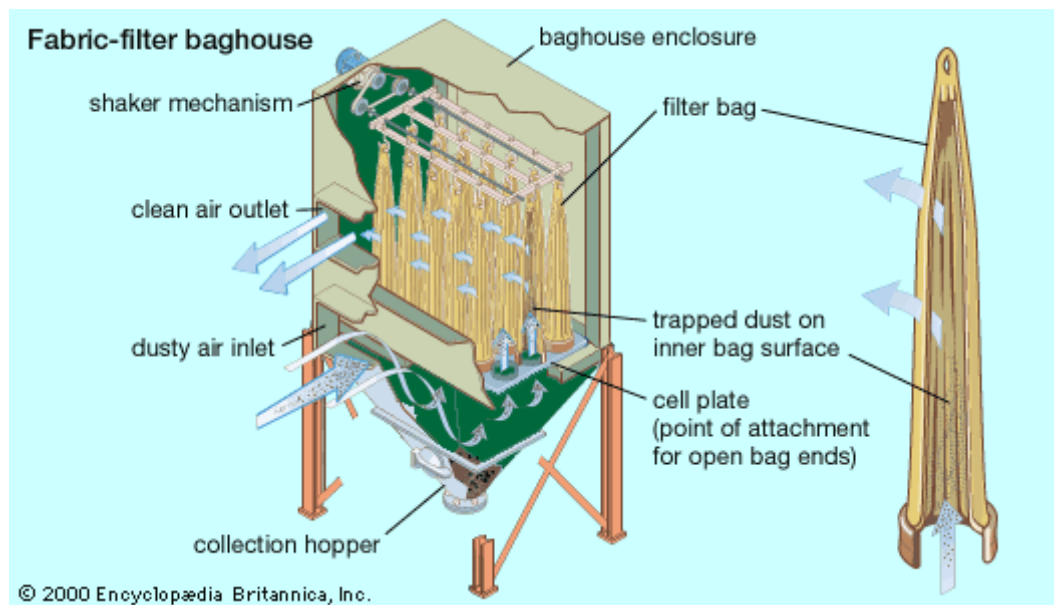


Рисунок 3.7 – Установка рукавного фільтра [18]

Пилозбірник із тканинним фільтром може видалити майже 100 % частинок розміром до 1 мкм і значну частину частинок розміром до 0,01 мкм. Тканинні фільтри, однак, пропонують відносно високий опір потоку повітря, що призводить до значного споживання енергії для системи вентиляторів. Крім того, щоб продовжити термін служби фільтрувальної тканини, повітря, що очищається, має бути охолоджене (зазвичай нижче 300 °C) перед тим, як воно буде проходити через блок. Змійовики охолодження, необхідні для цієї мети, збільшують споживання енергії.

Кілька відсіків фільтрувальних мішків часто використовуються в одній установці рукавного фільтра. Таке розташування дозволяє очищати окремі відсіки, поки інші залишаються в роботі. Мішки очищають шляхом видалення зайвого шару поверхневого пилу. Це робиться декількома різними способами: їх механічним струшуванням; шляхом тимчасового реверсування потоку повітря та спричинення їх згортання; або шляхом короткого вибуху повітря вниз через мішок, змушуючи його ненадовго розширитися. Після видалення пилу з фільтрів він потрапляє в бункер, розташований нижче, і може бути зібраний для утилізації або подальшого використання.

3.9 Спалювання

Процес, який називається спалюванням або згорянням — хімічне швидке окислення - можна використовувати для перетворення летких органічних сполук та інших газоподібних вуглеводневих забруднювачів на вуглекислий газ і воду. Спалювання летких органічних сполук і вуглеводневих парів зазвичай здійснюється в спеціальній печі для спалювання, яка називається допалювальною камерою. Щоб досягти повного згоряння, допалювальна камера повинна забезпечувати належну турбулентність і час горіння, а також підтримувати достатньо високу температуру. Достатня турбулентність, або змішування, є ключовим фактором горіння, оскільки вона зменшує необхідний час горіння та температуру. Процес, який називається спалюванням у прямому вогні, можна використовувати, коли відпрацьований газ сам по собі є горючою сумішшю і не потребує додавання повітря чи палива.

Допалювальна камера зазвичай складається зі сталеві оболонки, облицьованої вогнетривким матеріалом, таким як вогнетривка цегла . Вогнетривка футерівка захищає оболонку і служить теплоізолятором. За достатнього часу та досить високих температур газоподібні органічні забруднювачі можуть бути майже повністю окислені, при цьому ефективність спалювання наближається до 100 %. Певні речовини, такі як платина , можуть

діяти таким чином, щоб сприяти реакції горіння. Ці речовини, звані каталізаторами, дозволяють повністю окислювати горючі гази при відносно низьких температурах.

Отже з огляду на існуюче газоочисне обладнання можна визначити основні найефективніші види це циклон, електрофільтр та рукавний фільтр, у кожного є свої переваги та недоліки, але найголовніше те, що неможливо використовувати їх як самостійне обладнання тільки у комплексі. До того ж подібні конструкції не вирішують питання запиленості під час транспортування вугілля, складування, а отже необхідно знайти спосіб ефективного пилопридушення за малих витрат.

4 ПРАТ «ХАРКІВСЬКИЙ КОКСОХІМІЧНИЙ ЗАВОД» ЯК ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ

Харківська область – великий промисловий район України. Підвищення концентрації забруднюючих речовин у цьому регіоні залежить від певних комбінацій метеорологічних параметрів і фізико-хімічних характеристик аерозолів. Промислове місто Харків входить у п'ятірку міст-забруднювачів за викидами шкідливих домішок гірничо-металургійною промисловістю. Лабораторія спостережень за забрудненням повітря Харків входить до складу Харківського обласного центру гідрометеорології. Основними джерелами забруднення в м. Харків є представники гірничодобувної промисловості: ПРАТ «Харківський коксохімічний завод», до складу якого входять металургійне, коксохімічне виробництва та сім гірничо-збагачувальних підприємств, ТОВ «Аромасервіс».

ПРАТ «Харківський коксовий завод» – єдиний виробник ливарного коксу в Україні. Побудовано підприємство у 1932 році. Головним чином на виробництві використовується вугілля українського видобутку. Частина продукції виробляється за давальницькою схемою з подальшим експортом. На підприємстві застосовується технологія мокрого гасіння коксу.

Ключовим продуктом підприємства є кокс доменний.

Виробництво коксу відбувається на 4х коксових батареях, з потужностями у 232 тис. т, але з них 2 перебувають у гарячій консервації (рис.4.1).

До складу підприємства на 2018 рік входять 2 основних цехи: вуглепідготовчий та коксовий. Їхня робота забезпечує випуск товарної продукції. Крім того, у складі заводу є допоміжні підрозділи, що забезпечують виробничу діяльність підприємства: центральна заводська лабораторія, енергетичний цех, ремонтні цехи, залізничний цех тощо.

Коксовий цех ХКЗ має коксові нестандартні батареї, загальна потужність яких які після модернізації у 2006 році становить 225 тис. т коксу на рік.

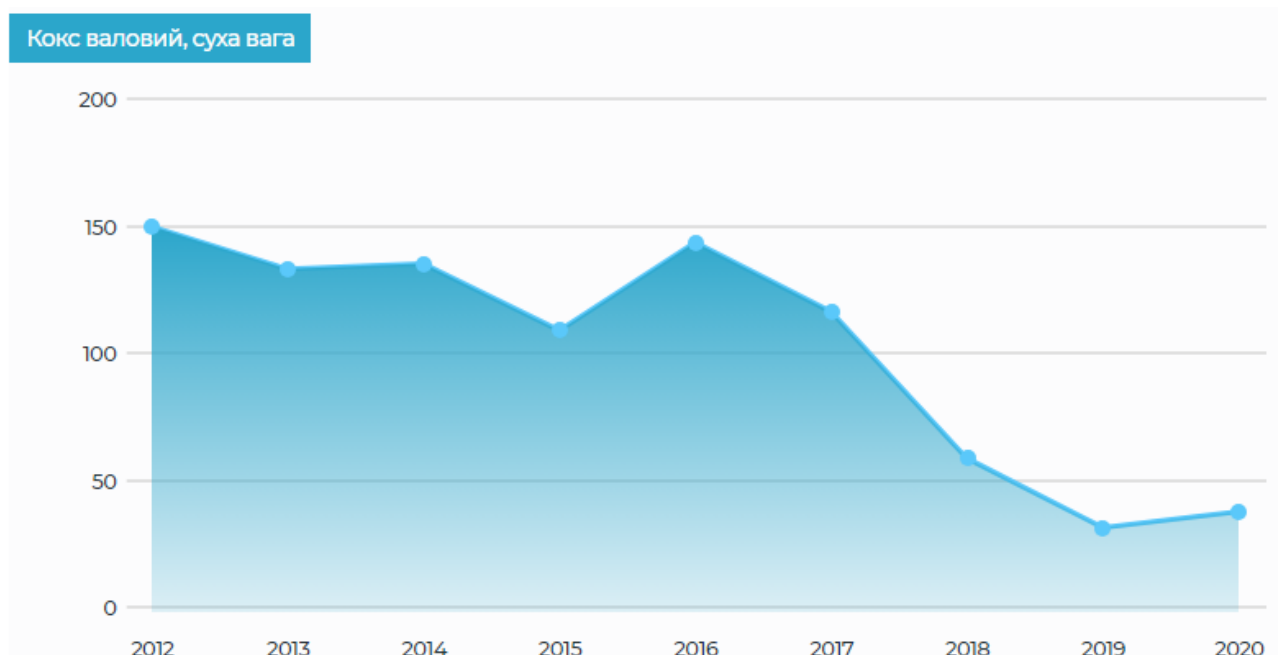


Рисунок 4.1 - Об'єми виробництва за 2012-2020 рр. [10]

На підприємстві нараховується 617 робітників (на 2017 рік).

ПРАТ «Харківський коксовий завод» належить за видами виробничої діяльності до підприємств чорної металургії України, підгалузь - коксохімія.

Продукція, що виробляється:

- кокс ливарний марки КЛ-2 фракції +40 мм і +60 мм і більше
- коксовий горішок марки КО-2, фракції 0...10 мм та 10...25 мм
- коксова дрібниця марки МК-2 фракції 0...10 мм
- кокс доменний марки КД-2, фракції +25 мм та 25...60 мм
- кокс кам'яновугільний марки КК-2, фракції 10...40 мм та 25...40 мм
- смола кам'яновугільна марки А сорт І та сорт ІІ
- сульфат амонію
- сирий бензол
- паста чорнильна
- затверджувач ливарних мас
- барвник синтетичний.

Викиди Харківського коксового заводу становлять до 500 т/рік, на 2014 рік викиди становили 434 т/рік. Об'єми викидів скоротилися на 66 т/рік, проте завод

визнано найбільшим забруднювачем у місті Харків (рис. 4.2). Основними забруднюючими речовинами є: водень 60%, метан 25%, азот 5%, кисень 1%, вуглець 3%.

<i>Забруднювальна речовина / область</i>	NO_2 [моль * 10^{-4} /м ³]	CO [моль * 10^{-1} /м ³]	SO_2 [моль * 10^{-3} /м ³]	HCHO [моль * 10^{-4} /м ³]	PM _{2.5} [мкг/м ³]	PM ₁₀ [мкг/м ³]
Авт. Респ. Крим	0.215	0.332	0.414	1.46	8.47	12.23
Дніпропетровська	0.335	0.339	0.471	1.48	10.88	14.50
Донецька	0.402	0.337	0.520	1.51	11.85	16.20
Черкаська	0.261	0.333	0.413	1.55	8.95	11.36
Чернігівська	0.244	0.335	0.436	1.49	7.74	9.77
Чернівецька	0.244	0.324	0.404	1.45	8.87	10.97
Івано-Франківська	0.250	0.315	0.442	1.46	8.40	10.40
Харківська	0.291	0.334	0.447	1.48	9.37	12.70
Херсонська	0.246	0.340	0.419	1.51	9.13	12.67
Хмельницька	0.253	0.327	0.391	1.47	8.49	10.76
Кіровоградська	0.257	0.333	0.412	1.37	9.15	11.87
Київська	0.304	0.337	0.448	1.46	8.53	10.76
Місто Київ	0.633	0.339	0.493	1.48	10.76	13.34
Луганська	0.291	0.335	0.434	1.57	9.38	13.30
Львівська	0.274	0.328	0.433	1.49	9.02	11.36
Миколаївська	0.255	0.337	0.417	1.48	9.18	12.10
Одеська	0.250	0.336	0.436	1.45	8.94	11.55
Полтавська	0.276	0.337	0.423	1.48	9.04	11.78
Рівненська	0.252	0.334	0.423	1.50	8.11	10.28
Місто Севастополь	0.260	0.330	0.392	1.43	8.79	12.42
Сумська	0.236	0.333	0.414	1.47	8.10	10.40
Тернопільська	0.272	0.327	0.398	1.45	8.69	10.94
Вінницька	0.251	0.329	0.399	1.40	8.70	11.01
Волинська	0.273	0.335	0.414	1.40	8.40	10.69
Закарпатська	0.208	0.319	0.414	1.43	8.73	10.90
Запорізька	0.284	0.339	0.464	1.45	10.15	13.98
Житомирська	0.243	0.332	0.430	1.51	7.83	10.00
Показник, середній для території усієї країни	0.280	0.332	0.432	1.47	9.02	11.79

Рисунок 4.2 – Усереднені концентрації у атмосферному повітрі областей України на 2020 р. [10]

У 2019 році Харківський коксохімічний завод був під ризиком зупинки через протести мешканців міста, що постійно скаржились на надмірне забруднення навколишнього середовища.

Так після перевірок Державною екологічною інспекцією у вересні 2019 року коксохімічне виробництво повинно було виплатити 3,7 млн гривень шкоди від своєї діяльності.

4.1 Газоочисні установки які застосовують на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»

На підприємстві харківського коксохімічного заводу газоочисні установки від двох коксових батарей представлені наступними обладнаннями:

- циклон ЦН-24,
- циклон ЦН-15,
- мультициклоном ЦБ-25,
- відкритий скруббер,
- насадковий скруббер.

На всі газоочисні установки наявні технічні паспорти, зареєстровані в органах Мінприроди. Акти технічного стану та акти ефективності установок складаються відповідно до Правил технічної експлуатації установок очистки газу.

Циклони виготовляють із звичайної вуглецевої сталі, проте, якщо необхідно забезпечити роботу при високих температурах в агресивній атмосфері або вловлювати абразивні частинки, можна використовувати будь-який інший метал або керамічний матеріал. Важливо, щоб внутрішні поверхні були гладкими. Пристрій не містить частин, що рухаються, тому його експлуатація проста і відносно легка в обслуговуванні.

Циклон ЦН-24

Головні характеристики:

Ефективність - 75%

Продуктивність - 98 000 м³/год.
 Максимальний тиск - 700 Па
 Внутрішній діаметр - 900 мм
 Робоча температура - 20...300 °С
 Кількість циклонів у групі - 1 шт

Циклон ЦН24 очищає димові гази від сухих абразивних та дрібних частинок пилу першого коксового цеху. Очищення немає високих вимог, спостерігається невисока ефективність очищення.

Циклон ЦН-15

Головні характеристики:
 Ефективність - 85%
 Продуктивність - 52 800 м³/год.
 Внутрішній діаметр - 1800 мм
 Кут нахилу вхідного патрубку - 15°
 Робочий тиск 3 кПа (300 кгс/м²)
 Швидкість потоку - 2,5...4,0 м/с
 Робоча температура - від 40 до 200°С
 Кількість циклонів у групі - 4.

Циклон ЦН-15 застосовується у другому та третьому коксовому цеху. Основна задача аспіраційних установок ЦН 15 є очищення повітря і газоповітряних сумішей від сухого пилу, що слабо злипається, який утворюється внаслідок спалювання, дроблення, транспортування сипких матеріалів.

Мультициклон ЦБ-25

Ефективність - 86%
 Продуктивність – 28 000 м³/год
 Максимальний тиск - 4 Па
 Запиленість газів, що надходять - до 580 г/м³
 Робоча температура від 120 до 300 °С

Циклон батарейний працює наступним чином. Димові гази з підвищеною швидкістю (20-25 м/с) тангенційно подаються в циклон, де здійснюють

спірально-обертальний рух. Внаслідок цього частинки золи притискаються до внутрішньої поверхні корпусу циклону і, втрачаючи швидкість руху, по конічній частині випадають у бункер. Очищені гази через внутрішню трубу батарейного циклону проходять вгору та видаляються з циклону. Чим менший діаметр циклону D , тим повніше їм уловлюються тверді частинки (пил). Тому золоуловлювачі циклонного типу виготовляють не циклонів великого діаметра, а компонують з окремих циклонів малого діаметра в блоки і батареї (звідси і назва - циклон батарейний). Циклонні елементи розміщені в корпусі, який двома горизонтальними перегородками розділений на три камери. Запилені гази входять до середньої камери через вікно і, пройшовши через циклони, очищаються від золи. Потім очищені гази піднімаються у верхню камеру батарейного циклону і далі через вихідні патрубки або (залежно від місцевих умов) відводяться із золоуловлювача. Зола збирається в нижній камері, що утворює пиловий бункер.

Скрубери. Форсунки скрубера видаляють забруднювачі та інші хімічні забруднення з технологічних газів, рідин та обладнання у першому коксовому цеху. Скрубери видаляють оксиди сірки (SO_x) та оксиди азоту (NO_x) із потоків спалювання, кислоти з газів, що відходять від хімічної обробки, твердих частинок з технологічного газу.

Принцип дії та конструкція відцентрового скрубера аналогічні циклону. Під впливом відцентрових сил, що виникають при обертанні газового потоку в апараті, частинки пилу відкидаються на спіраль скрубера, звідки змиваються рідиною, що подається через сопла, розташовані по колу у верхній частині корпусу.

Швидкість газу циліндричному перерізі корпусу досягає 4...5 м/с; ступінь очищення досить висока і залежить від розміру та щільності частинки пилу, а також діаметра відцентрового скрубера.

Відкритий скрубер: призначено для розпилення очисної рідини безпосередньо в технологічний потік. Відкритий скрубер залежать від

правильного розміру крапель і умов процесу для максимізації реакції або швидкості масообміну.

Насадковий скруббер: працює шляхом розпилення очисної рідини на пакувальний матеріал у башті, при цьому газовий потік, що йде вгору або горизонтально, проходить через набивку.

Остання модернізація газоочисних установок відбулась у 2006...2012 рр., за цей період була збудована установка газоскидних пристроїв, модернізація газоочисних установок і вежі гасіння коксу, встановлені нові краплевловлювачі.

Проте запланована побудова установки сіркоочистки так і не відбулась.

Отже підприємство харківського коксохімічного заводу вимагає удосконалення газоочисних установок для суттєвого зменшення викидів забруднюючих речовин, які на сьогодні перевищують встановлені норми порогових значень викидів та зменшити екологічні податки за забруднення атмосфери.

4.2 Виплати за викиди від ПРАТ «Харківський коксовий завод»

Економічний розрахунок зводиться до розрахунку плати за викиди до застосування очисного обладнання і після, і порівняння результатів розрахунків.

Загальна сума збору за забруднення атмосферного повітря за рік розраховується за формулою:

$$З = \sum_{i=1}^n M_i \cdot H_i \cdot K_{\text{нас.}} \cdot K_{\text{н/г.}}$$

де M_i – маса забруднюючої речовини, що викинута в атмосферне повітря понаднормативно, т;

H_i - нормативи збору за викиди в атмосферу (Податковий Кодекс України), грн/т;

$K_{\text{нас}}$ - коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту і визначається за таблиці 4.1;

$K_{\text{н/г}}$ - коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту і визначається за таблиці 4.2.

Таблиця 4.1 - Значення коефіцієнта $K_{\text{нас}}$.

Чисельність населення, тис. чол.	$K_{\text{нас}}$
До 100,0	1,00
100,1 - 250,0	1,20
250,1 - 500,0	1,35
500,1 - 1000,0	1,55
більше 1000	1,80

Таблиця 4.2 - Значення коефіцієнта $K_{\text{н/г}}$

Тип населеного пункту		$K_{\text{н/г}}$
I	Організаційно-господарські та культурно-побутові центри місцевого значення з перевагою аграрно-промислових функцій та села	1,00
II	Багатофункціональні центри, центри з перевагою промислових і транспортних функцій	1,25
III	Центри з перевагою рекреаційних функцій	1,65

Перелік видів і обсягів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПРАТ «Харківський коксовий завод» наведено у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Перелік видів і обсягів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПРАТ «Харківський коксовий завод»

Забруднююча речовина	Клас небезпеки	Фактичний обсяг викидів на 2020 р, т/рік	Порогове значення потенційних забруднюючих речовин для взяття на облік, т/рік
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, PM10, PM2,5	3	37,46	1,5
оксид азоту	3	77,06	1,0

аміак	4	10,04	1,5
діоксид сірки	3	246,26	1,5
сірководень	2	0,86	0,05
оксид вуглецю	4	35,46	1,5
бензол	2	1,74	0,05
фенол	2	0,76	0,2
ціанід водню	2	0,62	0,1
Всього		410,25	

Загальна сума збору за забруднення атмосферного повітря за 2020 рік за даними таблиці 4.3 будуть становити:

$$\begin{aligned}
 3 = \sum_{i=1}^n & 1,8 \cdot 1,25 \cdot (37,46 \cdot 596 + 77,06 \cdot 2451 + 10,04 \cdot 459 + 246,26 \cdot 2451 \\
 & + 0,86 \cdot 7879 + 35,46 \cdot 92 + 1,74 \cdot 4016 + 0,76 \cdot 11128 + 0,62 \\
 & \cdot 4016) = 847686 \text{ грн.}
 \end{aligned}$$

Окремо сума збору за кожним видом забруднюючої речовини наведена у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Суми податків за забруднення атмосферного повітря від стаціонарних джерел ПРАТ «Харківський коксовий завод»

Забруднююча речовина	Клас небезпеки	Фактичний обсяг викидів на 2020 р, т/рік	Ставки податку	ПВС, грн
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, PM10, PM2,5	3	37,46	596	22415
оксид азоту	3	77,06	2451	188943
аміак	4	10,04	459	4614
діоксид сірки	3	246,26	2451	603797
сірководень	2	0,86	7879	6776
оксид вуглецю	4	35,46	92	3275
бензол	2	1,74	4016	6988

фенол	2	0,76	11128	8402
ціанід водню	2	0,62	4016	2473
Всього		410,25		847686

З результатів інвентаризації викидів видно, що усі речовини перевищують порогові значення потенційних викидів для взяття на державний обсяг.

Отже, коксохімічне підприємство у ході своєї роботи викидає до атмосфери щорічно близько 410 т/рік забруднюючих речовин, при цьому має збитки на екологічні податки у розмірі 847686 грн, що вимагає негайної реконструкції, заміни або удосконалення очисних установок.

5 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СПОСОБІВ І ЗАСОБІВ ПИЛОПРИДУШЕННЯ НА ПРАТ «ХАРКІВСЬКИЙ КОКСОХІМІЧНИЙ ЗАВОД»

Головною проблемою коксохімічних виробництв є надмірні викиди забруднюючих речовин до атмосфери і тоді головною задачею постає пошук підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення. З теоретичного аналізу 1го та 2го розділу роботи виходить, що на сьогодні жодне обладнання не в змозі забезпечити ефективне очищення від викидів до навколишнього середовища. Тільки комплексне, ступінчасте, системне використання буде ефективно для видалення більшої концентрації забруднюючих речовин із викидів коксохімічних виробництв.

Виходячи з аналізу діяльності коксохімічного підприємства ПРАТ «Харківський коксохімічний завод», основними проблемами підприємства є надмірне потрапляння до атмосфери пилу, твердих частинок, сірки.

Так у 1му коксовому цеху пропонується удосконалення скрубера. Основний принцип роботи мокрого скрубера полягає в пропусканні потоку газу через розпилений спрей, який потім взаємодіє з потоком газу та вибиває забруднюючі речовини (рис. 5.1).

Ці забруднювачі можуть бути рідкими забруднювачами, газоподібними забруднювачами або навіть частинками в потоці газу.

Основна мета полягає в тому, щоб створити велику площу поверхні рідини для взаємодії газу; чим більша площа поверхні, тим вищий шанс взаємодії і тим краще працюватиме скрубер, та даний скрубер має насадки форсунок з невеликим радіусом розпилення, що зменшує ефективність вловлювання пилу.

Розмір краплі теж надзвичайно важливий; чим менший розмір краплі, тим більша площа поверхні для будь-якого заданого об'єму рідини, що розпилюється.

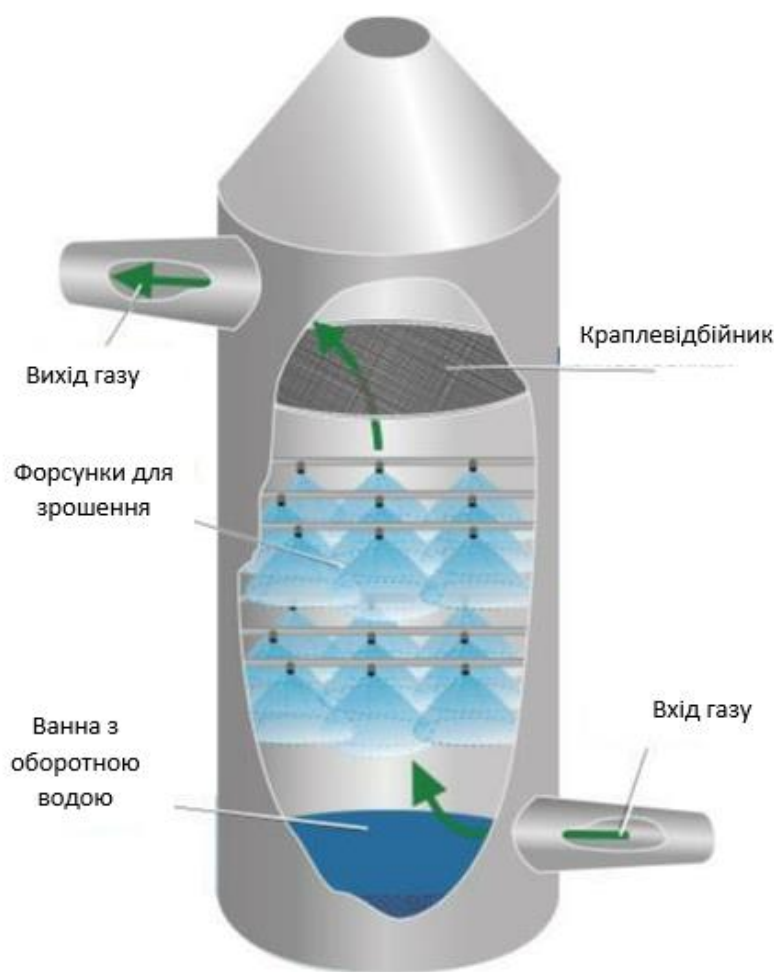


Рисунок 5.1 – Скрубер мокрого очищення

Інша важлива річ, на яку слід звернути увагу, це діапазон розпилення; не допустимо розпилення реагенту в одній частині газового потоку. Спрей повинен охопити весь потік газу, і необхідно переконатися, що він досягає боків, але занадто багато рідини може теж може знизити ефективність скрубера.

Загалом важливо отримати хороший розмір краплі (маленький розмір краплі) і достатнє покриття, щоб забезпечити удари по стінках скрубера.

Дуже дрібний туман утворює широку площу поверхні, але йому буде важко проникнути крізь швидкий потік газу, і він може досить швидко потрапити в потік газу. Це призводить до відсутності покриття, що спричиняє потоки великих частин газового потоку, які просто не будуть взаємодіяти з будь-яким реагентом і тому будуть повністю неочищеними.

Рівномірний баланс між малим і великим розміром крапель необхідний для забезпечення точного розпилення.

Кут розпилення сопла також потрібно враховувати, оскільки великі кути розпилення забезпечують краще покриття. Однак занадто велике покриття спричинить накопичення великої кількості рідини на стінках камери, що знищить розмір краплі. Співвідношення між хорошим розміром краплі та площею поверхні означає, що мати достатній розмір краплі для проникнення в потік газу та правильні кути розпилення, щоб гарантувати, що потрібна кількість потрапляє на стінки, стає неймовірно важливою, щоб можна було досягти повного покриття газового потоку.

Вибором розпилювальних насадок для скрубера стали спіральні насадки TF (рис. 5.2). Їхньою перевагою є те, що вони мають хороший розмір краплі для будь-якого заданого тиску та забезпечують адекватне розпилення. Широкий вибір кутів розпилення, запропонований цими насадками, означає достатнє покриття, оскільки вони можуть змінювати будь-який кут розпилення від 60 градусів до кута розпилення 170 градусів (рис.5.3).



Рисунок 5. 2 - Спіральна насадка TF [17]

Покриття спрею досить велике. У певному діапазоні можна використовувати мінімальну кількість форсунок, що сприяє контролю витрат і зменшенню частоти обслуговування.

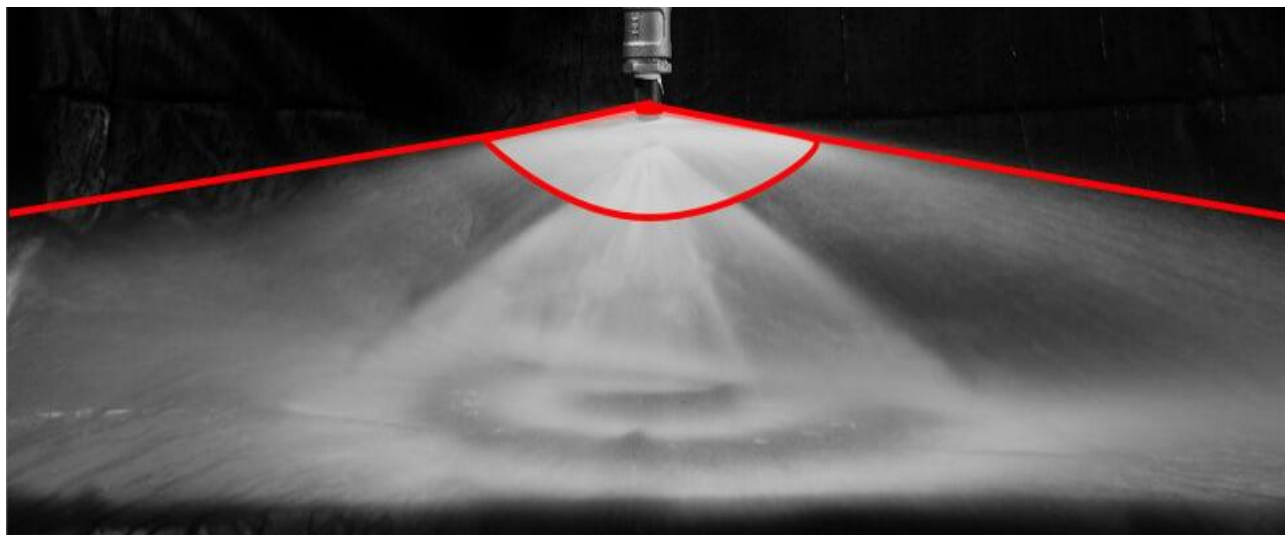


Рисунок 5.3 – Радіус розпилення спіральної насадки TF

Між цим кутом 60 і 170 градусів є багато ітерацій, що означає, що покриття можна оптимізувати, не сильно торкаючись стін.

Для вузьких розпилювальних камер, які можна знайти в таких конструкціях, як скрубери Вентурі, спрей потрібно впорскувати у вузький газовий потік. Звужена горловина скрубера полегшує процес розпилення, і найкращою форсункою для цього будуть інжекторні форсунки NCK, які можуть зменшувати кут розпилення до 15 або 20 градусів (набагато нижчий, ніж спіральні форсунки TF).

У другому коксовому цеху необхідно встановити додаткове пило-газове обладнання яке підвищить ефективність очищення викидів від твердих частинок та пилу з 78% до 88%. Пропонується встановити рукавний фільтр з імпульсною регенерацією типу ФРІР, що на 10% ефективніше встановленого газоочисного обладнання на коксохімічному заводі м.Харків.

Рукавний фільтр з імпульсною регенерацією типу ФРІР для очищення технологічних та аспіраційних викидів на установках безпилової видачі коксу (УБВК), працює дана установка за принципом пилососа. Пил забиває пори до певного рівня, і тоді струшується в бункер, і так відбувається циклічно. Рукавні фільтри - це більш сучасна технологія, яка дозволяє зупиняти майже всі викиди.

Так встановлення рукавного фільтра за двоступеневою системою – після циклону, ефективність таких заходів, як правило, становить 99%. Тому

модернізація саме цієї ділянки дуже важлива, щоб зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

Рукавний фільтр призначений для більш ефективного очищення, при якому не менше 99% пилу, що міститься в газодимовому потоці, має залишатися в пиловловлювачі.

Фільтрацію запиленних газових потоків від твердих частинок, що містяться в них, через пористі середовища різних видів, у тому числі і через тканини широко використовують також і у металургії.

Головним елементом такого фільтра є рукав, виготовлений із фільтрувальної тканини. Корпус фільтра розділений на кілька герметизованих камер, у кожній з яких розміщено кілька рукавів. Газ із газопроводу брудного газу підводиться в нижню частину кожної камери і надходить усередину рукавів. Фільтруючись через тканину, газ проходить у камеру і через відкритий випускний клапан виходить із неї, надходячи до газопроводу чистого газу. Частинки пилу, що містяться в брудному газі, осідають на внутрішній поверхні рукава, внаслідок чого опір рукава проходу газу поступово збільшується.

Коли вона досягне деякого граничного, за умовами тяги, значення, фільтр переводиться режим регенерації, тобто. рукави звільняються від пилу, що осів на них. Найчастіше регенерація здійснюється зворотним продуванням. Продувне повітря від вентилятора направляють всередину камери через відкритий продувний клапан (випускний клапан закритий). Фільтруючись через рукави у зворотному напрямку, він руйнує шар пилу, що утворився на внутрішній поверхні рукава, що падає в бункер, звідки видаляється за допомогою шнека або іншого пристрою. Відпрацьований продувний повітря через патрубок, що підводить газ, надходить в газопровід брудного газу. З метою підвищення ефективності регенерації одночасно струшують рукави за допомогою спеціального механізму, що струшує, переміщує вгору і вниз кришку, до якої кріпиться рукав. Камери фільтра переводять на регенерацію по черзі.

При проході газу через чисту тканину в початковий період роботи відбувається осадження частинок пилу на волокнах тканини. Захоплення

частинок волокнами відбувається за рахунок дії механізмів дотику, інерції дифузії, гравітації та електростатичної взаємодії. Далі на лобовій стороні фільтра починає формуватися суцільний шар із частинок пилу, які не проникнуть углиб тканини. Утворений вторинний лобовий шар починає сам затримувати частинки, що надходять, в результаті чого товщина його поступово зростає, і він стає головним фільтруючим середовищем. Оскільки пори, що утворюються між частинками лобового шару, і самі частинки, що вловлюються, мають близькі розміри, значну роль починає відігравати ситовий ефект.

Непроникність вторинного пилового шару для часток, що надходять, всіх розмірів добре пояснює зазвичай дуже високий ступінь очищення газів у тканинних фільтрах в запиленому стані, нерідко перевищує 99,9% для пилу будь-якої дисперсності.

Зниження ефективності фільтра пов'язане з динамічним пробоем цього шару і проскоком пилу в місцях руйнування шару, утворення тріщин, а також наявністю великих пір у матеріалі, що фільтрує. Будь-яке збільшення зовнішніх сил, які діють систему, зокрема зростання перепаду тиску, сприяє виникненню динамічних пробойів шару.

Оптимальні значення швидкості фільтрації у тканинних фільтрах лежать у межах 0,5... 1,0 м/хв. При великих швидкостях фільтрації ефективність тканинних фільтрів знижується внаслідок винесення пилових частинок, а гідравлічний опір стає надмірно високим. При менших швидкостях фільтрації потрібна поверхня фільтра зростає.

У процесі регенерації як гідравлічний опір, так і ефективність фільтра знижуються. Тому при регенерації слід руйнувати і видаляти пиловий шар, залишаючи пил, що проник усередину, в порах тканини. Для цього зворотну продування ведуть при невисоких швидкостях, порівнянних зі швидкостями фільтрації. Схема рукавного фільтра представлена рис. 5.4.

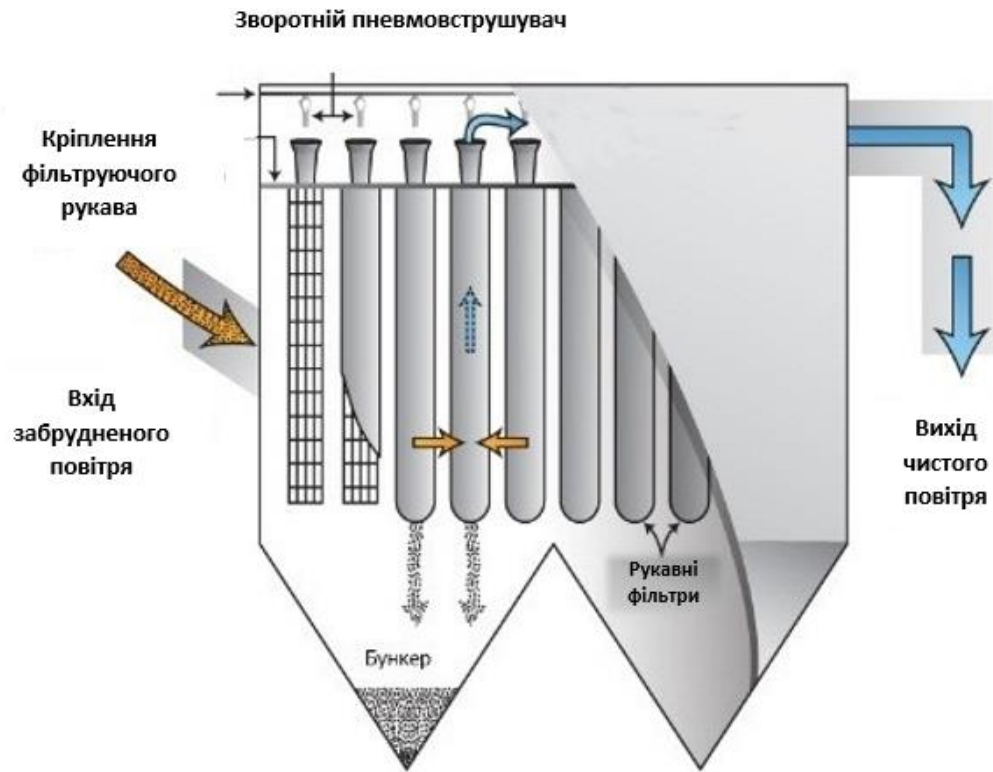


Рисунок 5.4 – Технологічна схема рукавного фільтра

Найбільшою проблемою на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» є відсутність цеху сіркоочистки, впровадження вимагає значних витрат, але це допоможе значно скоротити об'єми сірки, що викидаються підприємством, а отже скоротити податки на викиди.

Для стримування викидів SO_2 є багато можливостей:

- перехід на види палива з більш низьким вмістом сірки
- очищення вугілля з метою видалення сірки
- застосування технологій спалювання, які обмежують утворення SO_2
- десульфуризація димових газів

Десульфуризація розрізняється за «мокрим» (ефективність 99%) та «напівсухим» (ефективність 95%) методами з використанням, як сорбент, вапно (CaO , Ca(OH)_2) або вапняку (CaCO_3).

Технологія мокрого методу сіркоочистки (рис.5.5) з ефективністю до 99 % заснована на інтенсивному промиванні димових газів суспензіями або розчинами у спеціальних абсорберах, встановлених після ефективних

через систему промивних краплеуловлювачів, викидаються в атмосферу через так звану «мокру трубу» (8). Використання мокрої труби виключає необхідність підігріву очищеного газу. Субпродукти реакції десульфуризації зі стічною водою виводяться зі скрубера і направляються в систему зневоднення субпродукту (5) та очищення води (6) з отриманням, як кінцевий продукт, гіпсу. Очищена вода повертається до системи сіроочищення. У скруббер (1) постійно надходить свіжа суспензія і частина субпродукту, що рециркулюється, т.к. в субпродукті міститься деяка кількість сорбенту, що не прореагував. Для запобігання появи відкладень на стінках скрубера передбачена система перемішування суспензії в нижній частині скрубера. Для окислення сульфіту кальцію в сульфат кальцію в нижню частину скрубера подається кисень.

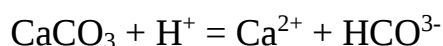
До складу даного технологічного обладнання також входять: система пневмотранспорту, накопичувальний бак резервної суспензії із субпродукту (7), приямок збору та тимчасового зберігання води (відходів) (9), накопичувальні баки технічної води (10), системи автоматизації процесів, системи вимірювання та моніторингу.

Уловлений при десульфуризації продукт можливо використовувати для виготовлення будівельних матеріалів.

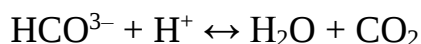
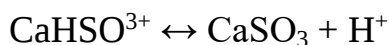
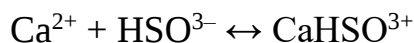
Хімічні реакції характерні для мокрого методу сіроочищення:
утворення нестійкої сірчаної кислоти та її дисоціація:



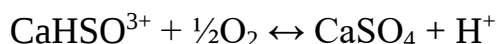
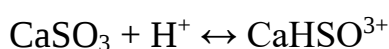
розчинення вапняку в кислому середовищі:



утворення сульфіту кальцію та виділення вуглекислого газу:



утворення кислої солі бісульфату кальцію в зоні знижених pH:



Пил з вугілля чи коксу утворюється та переноситься повітрям за допомогою двох основних механізмів – удару або вітрової ерозії. Дрібні частинки також утворюються під час штабелювання, дроблення, подрібнення, дроблення або відновлення. Щоразу, коли вугілля або кокс переміщуються та піддаються ударам, утворюється пил.

Одним із методів, який використовувався в минулому для боротьби з таким пилом, є обприскування вугілля або коксу водою. Вода ефективно запобігає утворенню пилу; однак вода випаровується досить швидко. Тому вугілля або кокс потрібно розпилювати майже безперервно, щоб вода була ефективним засобом проти пилу. Таке безперервне розпилення є обтяжливим і дорогим, а краплі води в спреї часто не вловлюють навіть найдрібніших, найнебезпечніших часток. Крім того, не всі вугілля можна змочувати водою, а в деяких випадках обмеження щодо рівня вологості будуть перевищені, якщо використовувати занадто багато води. Крім того спалювання коксу або вугілля з високою вологістю є менш ефективним. Після нанесення вода, як правило, не продовжує зменшувати пилоутворення на нижніх етапах роботи та швидко випаровується з куп або поверхонь для зберігання. У деяких випадках для покращення

змочуваності вугілля у воду можна додавати поверхнево-активні речовини; однак проблема випаровування залишається. Оскільки нафтовий кокс ще важче змочити, ніж вугілля, вода є ще менш ефективним засобом проти пилу при використанні з коксом.

Іншим методом боротьби з пилом є використання піни, що складається з повітря, води та піноутворювача. Додавання піноутворювача до води створює великий об'єм піни з невеликої кількості води. Таким чином, додавання піноутворювача дозволяє контролювати пил, використовуючи набагато менше води. І для досягнення такого ж ефекту захисту від пилу, як і води, потрібно набагато менше піни. Подібно до води, потік піни під високим тиском «збиває» достатню кількість більших часток у вугільному пилу. Коли бульбашки піни стикаються з частинками пилу, частинки змочуються бульбашками, що вибухають, і захоплюються. Багато дрібних крапельок також вивільняються, щоб очистити більше дрібних частинок. Незважаючи на те, що піна є ефективною для боротьби з неконтрольованим пилом і навіть має короточасний залишковий ефект, після випаровування води в піні залишковий ефект практично зникає.

Для покриття куп вугілля, щоб зменшити неконтрольовані викиди в атмосферу вітром, також використовували інкрустуючі агенти або хімічні зв'язувальні речовини, такі як латекс або лігносульфонати, які утворюються в результаті обробки деревини для виробництва паперу. Однак корки та хімічні зв'язувальні речовини зазвичай використовуються лише як поверхневі покриття, які не зменшують викиди, які можуть виникнути під час подальшого поводження зі збереженим вугіллям.

Значні зусилля були спрямовані на пошук добавки, яка б обробляла все вугілля або кокс під час активного зберігання, щоб запобігти утворенню пилу на дуже активних купках. Для цієї мети використовували сильно розведені латекси, масла, емульсії, флокулянти, патоку. Та не всі вони екологічно безпечні. Таким чином, очевидно, що потрібен продукт, який би зменшив втрати під час транспортування та пилу, і який би був екологічно безпечним і економічно малозатратним.

Такою речовиною є лігносульфонат, продукт технологічної переробки рослинної деревної сировини під час виробництва паперу. Цю речовину розводять у воді, отримуючи водно- лігносульфонатний розчин.

Потім отриманий розчин можна розпорошити на вугілля або кокс за допомогою відповідної форсунки, наприклад, форсунки FT.

Розпилювач слід розташувати на самій ранній точці переходу, коли можна отримати адекватне покриття вугілля або коксу. Розташування розпилювача якомога вище за течією має забезпечити низькі рівні пилу, нижчу вартість, пов'язану з обслуговуванням стрічки та роликів, а також зменшення частоти очищення.

Необхідно нанести достатню кількість 50% розчину лігносульфонату, щоб запобігти утворенню пилу з коксу чи вугілля. Кількість, необхідна для запобігання утворенню пилу, може коливатися приблизно від 0,2 до 2,2 літри добавки на тонну вугілля, залежно від умов, яким буде піддано розпилений кокс або вугілля.

Застосування вищезазначеного розчину перед штабелюванням повинно бути достатнім для запобігання пилу як під час зберігання, так і під час подальшого завантаження вугілля та коксу. Однак, за бажанням, розчин можна розпорошувати на вугілля або кокс як під час укладання, так і під час завантаження.

5.1 Економічний ефект від підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»

При впровадженні системи сіркоочистки, додавання очищення за допомогою рукавного фільтра та заміни форсуночної насадки скрубера на спіральну насадку TF викиди твердих частинок та оксидів азоту скоротились на 20%, оксида вуглецю скоротились на 15%, діоксида сірки скоротились на 34,8%, усіх інших забруднюючих речовин викиди скоротились на 8,8..10%.

Зменшення фактичного обсягу викидів забруднюючих речовин після удосконалення газоочисних установок та впровадження станції сіркоочищення наведені у таблиці 5.1

Таблиця 5.1 – Перелік видів і обсягів забруднюючих речовин від стаціонарних джерел ПРАТ «Харківський коксовий завод» після удосконалення ГОУ

Забруднююча речовина	Фактичний обсяг викидів, т/рік		Ставки податку	ПВС, грн
	До удосконалення ГОУ	Після удосконалення ГОУ		
речовини у вигляді суспендованих твердих частинок недиференційованих за складом, PM10, PM2,5	37,46	29,96	596	22415
оксид азоту	77,06	69,35	2451	169977
аміак	10,04	9,04	459	4149
діоксид сірки	246,26	86,19	2451	211252
сірководень	0,86	0,77	7879	6067
оксид вуглецю	35,46	30,49	92	2805
бензол	1,74	1,56	4016	6265
фенол	0,76	0,68	11128	7567
ціанід водню	0,62	0,56	4016	2249
Всього	410,25	228,6		428186

Загальна сума збору за забруднення атмосферного повітря після удосконалення ГОУ за даними таблиці 5.1 будуть становити:

$$\begin{aligned}
 Z_{\text{п}} = \sum_{i=1}^n & 1,8 \cdot 1,25 \cdot (29,96 \cdot 596 + 69,35 \cdot 2451 + 9,04 \cdot 459 + 86,19 \cdot 2451 \\
 & + 0,77 \cdot 7879 + 30,49 \cdot 92 + 1,56 \cdot 4016 + 0,68 \cdot 11128 + 0,56 \\
 & \cdot 4016) = 428\,186 \text{ грн.}
 \end{aligned}$$

Економія коштів за рахунок зменшення плати за викиди складе:

$$З_{\text{е.к.}} = 847\,686 - 428\,186 = 419\,500 \text{ грн.}$$

Отже майже у 2 рази зменшаються витрати на екологічний збір за забруднення атмосферного повітря і становить 428186 грн на рік.

5.2 Розрахунок строку окупності від підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на ПРАТ «Харківський коксохімічний завод»

Середня ринкова вартість обладнання та сировини:

- спіральна насадка ТФ для форсунки 380 грн за 1 шт.;
- лігносульфонат за 1 кг 90 грн
- рукавний фільтр з імпульсною регенерацією типу ФРІР 295 500 грн;
- система сіркоочистки 690 000 грн.

Загальна собівартість $C_{\text{з.с.}}$ розробленого проєкту пилопридушення та зниження інших забруднюючих речовин від коксохімічного підприємства, грн:

$$C_{\text{з.с.}} = (380 \cdot 18) + (90 \cdot 50) + 295\,500 + 690\,000 = 996\,840 \text{ грн.}$$

Строк окупності розраховується за формулою:

$$T = \frac{C}{\Pi}, \text{ років.}$$

де C – вартість собівартості розробленого проєкту, грн.;

Π – річний прибуток, грн.

Річний прибуток ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» в середньому дорівнює 1 511 000 грн.

Вартість собівартості розробленого проєкту, грн. розраховується наступним чином:

$$C = C_{\text{з.с.}} + C_{\text{експл.}}, \text{ грн}$$

де $C_{\text{експл.}}$ – річні експлуатаційні затрати, грн.

Розрахунок річних експлуатаційних затрат виконується за наступною формулою:

$$C_{\text{експл.}} = C_{\text{з.п.}} + C_{\text{а.}} + C_{\text{е.с.}} + C_{\text{п.р.}}, \text{ грн.}$$

де $C_{\text{з.п.}}$ - затрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу з нарахуваннями, грн.;

$C_{\text{а.}}$ – амортизаційні відрахування від вартості обладнання і пристроїв системи сіркоочистки та нематеріальні активи, грн.;

$C_{\text{е.с.}}$ – витрати на електроспоживання, грн.;

$C_{\text{п.р.}}$ – витрати на поточні роботи, грн.

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу з урахуванням податкових відрахувань розраховуються за наступною формулою:

$$C_{\text{з.п.}} = C_{\text{осн.}} + \text{СН}, \text{ грн}$$

де $C_{\text{осн.}}$ – основна заробітна плата, грн.;

СН – відрахування в позабюджетні фонди по ставці 30% від сум оподаткованих доходів, що виплачує роботодавець, грн.

Для обслуговування станції сіркоочистки та рукавного фільтра необхідно 4 апаратника 5-го розряду. Середня заробітна плата 5-го розряду становить 20 000 грн., тоді податкові відчислення складуть:

$$\text{СН} = 20\,000 \cdot 0,13 = 2\,600 \text{ грн.}$$

Тоді витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу з урахуванням податкових відрахувань складуть:

$$C_{\text{з.п.}} = (20\,000 + 2\,600) \cdot 4 = 90\,400 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування розраховуються за наступною формулою:

$$C_a = V_{\text{бал.}} \cdot H_a, \text{ грн.}$$

де $V_{\text{бал.}}$ – балансова вартість обладнання, грн.;

H_a – норма річних амортизаційних відрахувань, грн.

Балансова вартість обладнання для розробленого проєкту складає 996 840 грн.

Норма річних амортизаційних відрахувань для обладнання з пило-газової очистки складає 20%. Таким чином амортизаційні відрахування складають:

$$C_a = 996\,840 \cdot 0,2 = 199\,368 \text{ грн.}$$

Витрати на споживання електроенергії розраховується за формулою:

$$C_{\text{с.е.}} = W_v \cdot T \cdot S_{\text{ел.}}, \text{ грн}$$

де W_v - встановлена потужність, кВт;

T – час роботи обладнання, год.;

$S_{\text{ел.}}$ – тариф на електроенергію для юридичних осіб, грн.

За розробленим проєктом ПДВ час роботи газоочисних апаратів складає 2760 год/рік. Встановлена потужність обладнання системи сіркоочистки та рукавного фільтра складає 284 кВт. Тариф на електроенергію в Україні для юридичних осіб складає 5 грн за кВт.

Споживання електроенергії у рік складе:

$$C_{\text{с.с.}} = 284 \cdot 2760 \cdot 5 = 3\,919\,200 \text{ грн.}$$

Витрати на поточний ремонт розраховується за формулою:

$$C_{п.р.} = B_{бал.} \cdot N_{п.р.}, \text{ грн.}$$

де $N_{п.р.}$ – норма відрахувань на поточний ремонт, складає 5% від балансової вартості, грн.

Таким чином витрати на поточний ремонт рукавного фільтра, системи сіркоочистки та насадок для форсунок складуть:

$$C_{п.р.} = 996\,680 \cdot 0,05 = 49\,842 \text{ грн.}$$

Розрахунок річних експлуатаційних витрат представлено в табл.5.2.

Таблиця 5.2 – Експлуатаційні витрати розробленого проєкту

Витрата	Сума витрати, грн
Фонд оплати праці	90 400
Витрати на електроспоживання	3 919 200
Амортизаційні відрахування	199 368
Витрати на поточний ремонт	49 842
Загальна сума:	4 168 410

Вартість собівартості розробленого проєкту складе:

$$C = 996\,840 + 4\,168\,410 = 5\,165\,250 \text{ грн.}$$

Таким чином строк окупності розробленого проєкту складе:

$$T = \frac{5\,165\,250}{1\,511\,000} = 3,4 \text{ роки}$$

Отже при затратах 996 840 грн підприємством ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення шляхом закупівлі сучасного рукавного фільтра, заміни

звичайних насадок для форсунок на спіральні та встановлення системи сіркоочистки строк окупності складе 3,4 роки, а екологічний ефект складе зменшення викидів твердих частинок та оксидів азоту на 20%, оксида вуглецю на 15%, діоксида сірки на 34,8% та усіх інших забруднюючих речовин на 10%.

ВИСНОВКИ

У даній дипломній роботі з підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення на коксохімічних виробництвах було проведено аналіз впливу вугільної промисловості на навколишнє середовище та коксохімічних підприємств України, проаналізовані існуючі способи та засоби, що використовується для пилопридушення на коксохімічних виробництвах, досліджено вплив ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на забруднення атмосфери та виконані розрахунки витрат на викиди, запропоновані ефективні способи і засоби пилопридушення і обґрунтовано економічний та екологічний ефекти.

Згідно з поставленою метою в роботі зменшено концентрацію пилу на коксохімічних підприємствах шляхом підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення.

Основні результати роботи полягають в наступному:

1. Вугільна промисловість як України так і у всьому світі завдає суттєвий вплив як на оточуюче середовище – землю, воду, повітря, дику природу, так і призводить до погіршення здоров'я людини і навіть до смерті, тягне великі економічні витрати.

2. Від коксохімічних підприємств України до навколишнього середовища надходить: 20 тис. т/рік пилу, аміаку 0,5 тис. т/рік, оксиду вуглецю 15,2 тис. т, оксиду азоту та діоксиду сірки. Особливо небезпечними викидами є сірководень, ціаністий водень, бензол, нафталін, феноли, а також тверді частинки вугільного та коксового пилу.

3. Найефективнішими газоочисними установками є циклон, електрофільтр та рукавний фільтр, у кожного є свої переваги та недоліки, але неможливо використовувати їх як самостійне обладнання тільки у комплексі.

4. Згідно проведених розрахунків коксохімічне підприємство ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» у ході своєї роботи викидає до атмосфери

щорічно близько 410 т/рік забруднюючих речовин, при цьому має збитки на екологічні податки у розмірі 847686 грн.

5. При впровадженні системи сіркоочистки, додавання очищення за допомогою рукавного фільтра та заміни форсуночної насадки скрубера на спіральну насадку TF та обприскування розчином лігносульфонату вугілля при транспортуванні та складуванні викиди твердих частинок та оксидів азоту скоротились на 20%, оксиду вуглецю скоротились на 15%, діоксиду сірки скоротились на 34,8%, усіх інших забруднюючих речовин викиди скоротились на 8,8..10%.

6. За проведеними економічними розрахунками при затратах 996 840 грн підприємством ПРАТ «Харківський коксохімічний завод» на підвищення ефективності способів і засобів пилопридушення шляхом закупівлі сучасного рукавного фільтра, заміни звичайних насадок для форсунок на спіральні, встановлення системи сіркоочистки та системи обприскування розчином лігносульфонату строк окупності складе 3,4 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Karnaukh M. Social, medical and environmental consequences of mining and metallurgical complex activity in the Krivorozhsky region and decision making / M. Karnaukh, S. Lugovskoy // In: Barnes I., Kharytonov M., editors. Simulation and assessment of chemical processes in a multiphase environment NATO science for peace and security, series C: Environmental security. – Dordrecht, Netherlands: Springer. – 2008. – P. 377–384.
2. Semadi F. Faisabilit du traitement des eaux d'un oued charg en lments traces mtalliques (ETM) par filtres plants de macrophytes (Phragmites australis): cas de la rgion d'Annaba / F. Semadi // Thse de Doctorat, Universit d'Annaba. – 2010. – 225 p.
3. Tajine A. Toxicity of dust of dismissed complex of steel Annaba on some hematologic parameters of rabbit (Europeus) / A. Tajine, A. Courtois, H. Djebbar // Environmental research journal. – 2008. – 2. – P. 76–79.
4. Tlili N. Bio-indication of air quality in the Annaba city (East of Algeria) / N. Tlili, S. Zarrouk, L. Boughediri, F. Chacai // Research Journal of biological sciences. – 2007. – 2(6). – 619 p.
5. Тарасова В. В. Екологічна стандартизація і нормування антропогенного навантаження на природне середовище : навчальний посібник / В. В. Тарасова, А. С. Малиновський, М. Ф. Рибак. – К. : Центр уч. літ. – 2007. – 276 с.
6. Jaszczak, E., Polkowska, Ż., Narkowicz, S. та ін. Ціаніди в навколишньому середовищі — аналіз — проблеми та виклики. Environ Sci Pollut Res 24 , 15929–15948 (2017). <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9081-7>
7. Ге, Сяохуа, Ліпін Чан, Цзінь Юань, Цзяньчао Ма, Сюйдун Су та Хунцзі Цзі. "Викиди парникових газів китайською коксохімічною промисловістю". Польський журнал екологічних досліджень 25 №. 2 (2016): 593-598. doi:10.15244/pjoes/61065.

8. Contributors to Wikimedia projects. Health and environmental impact of the coal industry - Wikipedia. Wikipedia, the free encyclopedia. URL: https://en.wikipedia.org/wiki/Health_and_environmental_impact_of_the_coal_industry (date of access: 22.11.2023).
9. Dust pollution in cold region Surface Mines and its prevention and control / Z. Wang et al. Environmental pollution. 2022. Vol. 292. P. 118293. URL: <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118293> (date of access: 22.11.2023).
10. Названо головні джерела забруднення повітря в Україні та Києві. Інфографіка. ЕкоПолітика. URL: <https://ecopolitic.com.ua/ua/news/nazvano-golovni-dzherela-zabrudnennya-povitrya-v-ukraini-ta-kiievi-infografika/> (дата звернення: 22.11.2023).
11. eNTUKhPIIR : Репозитарій НТУ 'ХПІ' :: Головна. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/956b7a86-4d64-4d90-b8e4-b7b9d7afa484/content> (дата звернення: 22.11.2023).
12. ArcelorMittal Kryvyi Rih became the source of 88% of annual air pollution. ЕкоПолітика. URL: <https://ecopolitic.com.ua/en/news/u-krivomu-rozi-arselormittal-stav-dzherelom-88-richnogo-zabrudnennya-povitrya-2/> (date of access: 22.11.2023).
13. Coke oven emissions - cancer-causing substances. National Cancer Institute. URL: <https://www.cancer.gov/about-cancer/causes-prevention/risk/substances/coke-oven> (date of access: 22.11.2023).
14. Research of environmental and economic interactions of coke and by-product process / V. Mikhailov et al. E3S web of conferences. 2017. Vol. 21. P. 02004. URL: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20172102004>.
15. Munawer M. E. Human health and environmental impacts of coal combustion and post-combustion wastes. Journal of sustainable mining. 2018. Vol. 17, no. 2. P. 87–96. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jsm.2017.12.007> (date of access: 11.10.2023).
16. Risk assessment of benzene, toluene, ethyl benzene, and xylene concentrations from the combustion of coal in a controlled laboratory environment /

M. Masekameni et al. International journal of environmental research and public health. 2018. Vol. 16, no. 1. P. 95. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph16010095>.

17. S. D. P., A.k. B. A comparative study on growth and degradation behavior of *C. pyrenoidosa* on synthetic phenol and phenolic wastewater of a coal gasification plant. Journal of environmental chemical engineering. 2019. Vol. 7, no. 3. P. 103079. URL: <https://doi.org/10.1016/j.jece.2019.103079>.

18. Jia C., Batterman S. A critical review of naphthalene sources and exposures relevant to indoor and outdoor air. International journal of environmental research and public health. 2010. Vol. 7, no. 7. P. 2903–2939. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph7072903>.

19. ЦН-24 Циклоны для дымовых газов цена от завода - купить в Системакс™. ООО «СИСТЕМАКС». URL: <https://systemax.ua/ciklony/cikloni-dlja-ochistki-dimovih-gazov/cn-24/> (дата звернення: 12.11.2023).

Додаток А

Перелік зауважень нормоконтролера до випускної кваліфікаційної роботи
магістра студентки групи ЕКОМ-22 Карини МАТВЄСВОЇ

Позначення документа	Документ	Умовна відмітка	Зміст зауваження

Науковий керівник _____ Віктор КОСТЕНКО

Нормоконтролер _____ Олексій КУТНЯШЕНКО

Завідувач кафедри _____ Віктор КОСТЕНКО