

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра екології та природозахисних технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**зі спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»**

Тема роботи: Технології захисту довкілля від газопилових викидів
теплоелектростанцій

Виконав:
студент Вихрова А.Ю.

Керівник:
професор Гурець Л.Л.

Залікова книжка
№ 19510010

Підпис: _____
дата, підпис

Підпис: _____

Консультант з охорони праці:
доцент Васькін Р.А.

Підпис: _____
дата, підпис

Захищена з оцінкою

оцінка, дата

Секретар ЕК
старший викладач Батальцев Є.В.

Суми 2023

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра екології та природозахисних технологій
Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього
середовища»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою _____

“ ____ ” _____ 20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студентові Вихровій Анні Юріївні

Група ТС-91

1. Тема кваліфікаційної роботи: Технології захисту довкілля від газопилових викидів теплоелектростанцій.

2. Вихідні дані: Звіти про стан навколишнього природного середовища, наукові статті, патенти

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу:

1. Актуальність теми. Обсяги викидів діоксиду сірки стаціонарними джерелами
2. Дослідження стану снігового покриву в районі Сумської ТЕЦ
3. Огляд методів десульфуризації відхідних газів
4. Пропозиції по удосконаленню системи газоочищення Сумської ТЕЦ

4. Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

№	Етапи і розділи проектування	ТИЖНІ					
		1	2	3	4	5	6
1	Літературний огляд	+	+				
2	Аналіз проблеми			+			
3	Оброблення результатів				+		
4	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях					+	
5	Оформлення роботи						+

Дата видачі завдання 30.03.2023 р.

Керівник _____

професор, д.т.н Гурець Л.Л.

РЕФЕРАТ

Структура та обсяг випускної кваліфікаційної роботи бакалавра. Робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку джерел посилання, який містить 30 найменувань. Загальний обсяг бакалаврської роботи становить 48 сторінок, у тому числі 4 таблиці, 8 рисунків, перелік джерел посилання 4 сторінки.

Мета роботи – розробка заходів по зменшенню викидів SO₂ при роботі теплоелектростанцій шляхом удосконалення методів газоочищення.

Для досягнення зазначеної мети було поставлено та виконано такі завдання:

- проаналізувати літературні джерела щодо техногенного впливу викидів ТЕС;
- дослідити методи очищення відхідних газів від двоокису сірки;
- запропонувати заходи по удосконаленню системи газоочищення Сумської ТЕЦ.

Об'єкт дослідження – забруднення атмосферного повітря відхідними газами ТЕС.

Предмет дослідження – технології зменшення негативного впливу від газопилових викидів теплоелектростанцій.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано негативний вплив газопилових викидів теплоелектростанцій, зокрема вплив діоксиду сірки. Виконано дослідження, щодо впливу Сумської ТЕС на довкілля. Запропоновано способи очищення відхідних газів від двоокису сірки. Розроблено пропозиції по удосконаленню системи газоочищення Сумської ТЕС.

Ключові слова: ТЕХНОГЕННЕ НАВАНТАЖЕННЯ, ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ, ДВООКИС СІРКИ, ДЕСУЛЬФУРИЗАЦІЯ, ВАПНЯК.

середовища. Загальна оцінка показує, що забруднення повітря призводить до приблизно 2 мільйонів передчасних смертей щороку по цілому світу.

Зростаючий попит на електричну та теплову енергію призводить до збільшення їх виробництва, що має негативний вплив на довкілля та збільшує ризик захворювання для мешканців, які проживають у районах, що підпадають під вплив теплових електростанцій (ТЕС). Вони зумовлюють понад 30 % викидів шкідливих речовин від загального обсягу викидів від промислових підприємств. Об'єкти теплоенергетики належать до найбільших джерел забруднення навколишнього середовища загалом, зокрема атмосфери. Атмосфера, гідросфера та літосфера - складові біосфери, що страждають від шкідливих викидів, спричинених роботою теплових електростанцій (ТЕС). Близько 30% небезпечних викидів промислового походження, загальний обсяг яких значний, потрапляє в атмосферу через ТЕС, і це має руйнівний вплив на навколишнє середовище на місцевому, регіональному та глобальному рівнях [4]. Викиди теплоенергетичних об'єктів призводять до ефекту парнику, руйнування озонового шару, погіршення прозорості атмосфери, утворення опадів та кислотних дощів. Крім того, викиди з ТЕС призводять до зростання захворюваності населення внаслідок погіршення якості атмосферного повітря [9].

Без впровадження сучасних екологічних технологій неможливо досягти поліпшення стану атмосферного повітря. Застосування таких технологій, разом із раціональним використанням природних ресурсів та енергії, має на меті суттєво зменшити негативний вплив та забезпечити захист навколишнього середовища. Це і визначило мету роботи.

Мета роботи - розробка заходів по зменшенню викидів SO₂ при роботі теплоелектростанцій шляхом удосконалення методів газоочищення.

Предметом дослідження є газоочисне обладнання теплоелектростанцій.

Об'єктом дослідження є забруднення атмосферного повітря відхідними газами ТЕС.

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата

						ТС 19510010	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			6

РОЗДІЛ 1 ВПЛИВ ТЕПЛОЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ НА ДОВКІЛЛЯ

1.1 Аналіз впливу ТЕС на довкілля

При спалюванні органічного палива, а саме вугілля, нафти, газу та ін. Теплова енергія використовується на теплових електростанціях і має широке поширення.

Тип теплоелектростанції на органічному паливі визначають наступні фактори: вид енергії, що виділяється; вид використовуваного палива; тип головної турбіни, що приводить в дію генератор; початкові значення параметрів пари та тип термодинамічного циклу тощо.

Основними видами палива для ТЕС є вугілля, природний газ і мазут.

У таблиці 1 приведені дані щодо питомих викидів газоподібних забруднюючих речовин у повітряний басейн.

Таблиця 1 - середні дані від паливної енергетики по питомій емісії газів (на прикладі США).

Вид газоподібного забруднювача	Питомі значення г/кВт·год при використанні палива			
	Вугілля	Природний газ	Нафта	Середнє
Діоксид вуглецю, CO ₂	967	468	708	690
Діоксид сірки, SO ₂	6,1	0,0032	3,1	3,63
Оксиди азоту, NO _x	3,45	0,82	0,95	2,22

Діяльність підприємств теплоенергетики, які використовують в якості палива природні ресурси, спричиняють комплексне забруднення навколишнього природного середовища. Найсильніший негативний вплив роботи теплових

Підп. і дата	Підп. і дата	Підп. і дата
Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №	Взаєм. інв. №
Інв. №подл.	Інв. №подл.	Інв. №подл.

					ТС 19510010		Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата			7

електростанцій спостерігається на екосистеми, що знаходяться у прилеглих територіях до цих станцій.

За характером і особливостями впливів розрізняють чотири види впливу на навколишнє середовище:

- Прямий вплив – наприклад, вплив неочищених стічних вод з електростанції, що скидаються в річку чи потік, що впливає на морське життя.

- Непрямий вплив – наприклад, SO₂ з електростанцій, що випадає у вигляді SO₄ на ґрунт, впливає на сільське господарство.

- Кумулятивний вплив - наприклад, сукупний вплив усіх викидів існуючих і майбутніх проектів у регіоні

- Викликаний вплив – наприклад, вплив зміни у моделях землекористування та чисельності населення в регіоні через завод на існуючі природні ресурси, такі як вода, повітря.

Негативний вплив теплових електростанцій на атмосферу та пошук шляхів вирішення цієї проблеми вивчався багатьма дослідниками. Щоденні викиди твердих частинок вугільних електростанцій, включаючи летючу золу та незгорілі дрібні частинки палива, становлять від 35 до 55 тонн, а за умови висоти димової труби 150-200 м радіус території, забрудненої викидами ТЕС, становить приблизно 50 км.

Забруднення ґрунтів спричинене осадженням забруднюючих речовин внаслідок газопилових викидів, а також міграцією важких металів у ґрунті та поверхневій воді. Проблема ускладнюється тим, що відпрацьовані гази містять тверді частинки різної дисперсності. Тому завданням є розробка природоохоронних заходів для захисту атмосфери від викидів теплогенеруючих підприємств.

Вплив шкідливих викидів теплових електростанцій залежить від кількісних та якісних характеристик відходів, що утворюються у послідовному технологічному ланцюгу роботи станції [1].

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Дослідження, зображене на рисунку 1.1, щодо впливу європейських країн на забруднення повітря від роботи вугільних теплових електростанцій, показало, що Україна займає провідне місце в Європі за викидами зольного пилу та діоксиду сірки.

Жодна українська тепла електростанція (ТЕС) не обладнана системами очищення від діоксиду сірки димових викидів; їхні заходи очищення обмежені видаленням золи та твердих частинок. Більшість вугільних ТЕС в Україні використовують котли з рідким шлаковидаленням (РШВ), які мають низьку ефективність зв'язування сірки всередині палива, що становить лише 5,0% [1]. Це призводить до підвищення концентрації діоксиду сірки у відпрацьованих газах, що виходять у атмосферу.



Рисунок 1.1 - Аналіз внеску європейських країн у забруднення повітря внаслідок роботи вугільних теплоелектростанцій

У цьому дослідженні моя увага зосереджена на найбільш шкідливому викиді, що походить від теплових електростанцій (ТЕС) - оксиду сірки. Результати проведених досліджень свідчать про те, що можна значно знизити

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						11

рівень цього викиду, якщо встановити в ТЕС спеціальне очисне обладнання, яке здатне видаляти не тільки тверді частинки, але й хімічні забруднювачі [9,13].

Десульфуризація димових газів відіграє ключову роль у сфері охорони навколишнього природного середовища. Більшість індустріалізованих країн, що мають високий промисловий рівень, виділяють фінансові ресурси для розвитку десульфурізаційних технологій, науково-технічного та виробничого обладнання, законодавства та нормативно-правових актів у сфері проектування та експлуатації очисних споруд для зменшення викидів оксиду сірки.

1.1.1 Динаміка викидів діоксиду сірки

Основними об'єктами по виробництву тепло- та електроенергії є теплові електростанції, які застосовують органічне паливо, воду та атмосферне повітря як первинні ресурси. У результаті технологічного процесу на цих теплоенергетичних об'єктах утворюються матеріальні й енергетичні відходи, що негативно впливають на стан навколишнього природного середовища.

При згорянні органічного палива на ТЕС утворюються шкідливі речовини які потрапляють у атмосферне повітря. Найпоширенішими забруднювачами повітря є: діоксид сірки (SO_2), чадний газ (CO) і оксиди азоту (NO_x).

Найбільш розповсюджене з'єднання сірки – це сірчистий ангідрид (SO_2) – газ утворюється при згорянні сірковмісних видів палива (вугілля та важкі фракції нафти), він безбарвний.

Діоксид сірки негативно впливає на рослинність, викликаючи хлороз(пожовтіння або зміну кольору листя) і карликовість. Для людей цей газ також становить загрозу, особливо шкідливий для верхніх дихальних шляхів, оскільки легко розчиняється в слизі гортані і трахеї. Тривалий вплив діоксиду сірки може призвести до респіраторних захворювань, подібних до бронхіту. Сам по собі газ не завдає значної шкоди здоров'ю населення, але в атмосфері він

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № доубл.	Підп. і дата	ТС 19510010				Арк
									12
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата					

- забруднене кислотним туманом повітря, при вдиханні людиною, призводить до захворювань дихальних шляхів та подразнення очей тощо.

Для того щоб зрозуміти ситуацію по динаміці викидів діоксиду сірки в Сумській області, я використовую статистичні дані за останні 20 років (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Викиди діоксиду сірки стаціонарними джерелами в атмосферне повітря у Сумській області (2000 – 2021 роки).

	Обсяги викидів діоксиду сірки стаціонарними джерелами		
	усього, тис.т	у розрахунку	
		на 1 особу, кг	на 1 км ² площі регіону, кг
2000	4,1	3,1	171,8
2001	3,4	2,6	143,5
2002	2,7	2,1	115,0
2003	3,1	2,4	128,5
2004	3,0	2,4	127,4
2005	3,2	2,6	132,8
2006	3,1	2,5	129,5
2007	3,7	3,1	154,5
2008	3,6	3,0	150,0
2009	2,9	2,4	119,7
2010	3,6	3,1	149,4
2011	5,2	4,5	220,2
2012	4,2	3,7	177,9
2013	3,9	3,5	165,3
2014	3,8	3,4	159,0
2015	2,9	2,6	123,7
2016	3,1	2,8	128,7
2017	3,1	2,8	130,2
2018	3,5	3,2	148,2
2019	3,2	3,0	134,6
2020	3,2	3,0	135,4
2021	3,4	3,3	143,1

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата

Для побудови наступного графіка (рис. 1.2) я використовувала статистичні дані з таблиці 1.1, а саме загальну кількість викидів діоксиду сірки з стаціонарних джерел.

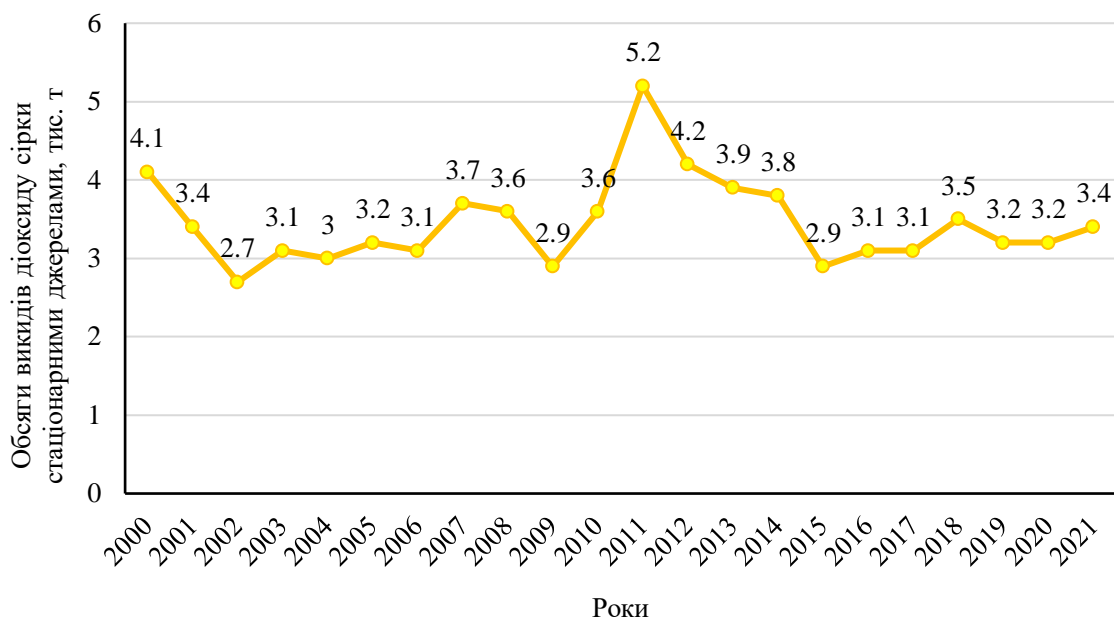


Рисунок 1.2 – Обсяги викидів діоксиду сірки стаціонарними джерелами, тис. тонн

На рис. 1.2 ми бачимо відносно сталу кількість викидів (від 2,7 до 3,7 тис. тонн на рік). Різка зміна викидів була зафіксована в 2000 (4,1 тис. тонн), 2011 (5,2 тис. тонн) та 2012 (4,2 тис. тонн) роках.

По отриманим результатам ми можемо побачити відсутність різкої зміни обсягів викидів.

Найбільшим забруднювачем атмосферного повітря Сумської області є Сумська ТЕС, яка входить до складу ТОВ «Сумитеплоенерго». В 2020 р. кількість викидів підприємства становили 1,35 тис. тонн або 6,43 % від загального обсягу викидів по Сумській області. Це згубно впливає на екосистеми міста та здоров'я населення. Потужність підприємства становить 40 МВт, виробництво електроенергії в середньому становить 112988 тис. кВт/год, теплової енергії – 723250 Гкал.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

1.2 Дослідження впливу Сумської ТЕС на довкілля

Як показник забруднення довкілля відпрацьованими газами, можна використовувати сніговий покрив, який діє як природний акумулятор техногенного забруднення. Сніг володіє високою здатністю до сорбції, що дозволяє використовувати його для оцінки рівня техногенної небезпеки у місті.

Зразки снігу були зібрані з вітрової та підвітряної сторін на відстані 500, 1000 і 1500 м від Сумської ТЕС (див. рис. 1.3). Фонові зразки були взяті у міському парку.



Рисунок 1.3 – Розташування місць відбору проб снігу

У лютому 2022 року були зібрані зразки снігу. Проби були відібрані з усієї товщини снігового покриву, за винятком нижніх 2-3 см, щоб уникнути забруднення частинками ґрунту. Відбір проб здійснювався за допомогою пластикової трубки, яка була врізана на повну товщину снігу до поверхні землі. Після цього трубку зі снігом видобували, підтримуючи знизу спеціальною лопаткою. Виконувалось ретельне очищення нижньої частини трубки від накопичених частинок ґрунту.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№	Інв.№дубл.
Підп. і дата	
Інв.№подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						16

Зібрані зразки снігу були розтоплені при кімнатній температурі, і рН визначали у талій воді. Отримані результати показали зниження рН у зоні впливу підприємства. Результати дослідження наведені у таблиці 1.2.

Зразки снігової маси були зібрані протягом однієї доби в усіх пунктах спостереження, щоб уникнути випадіння нових снігових опадів, що може вплинути на достовірність результатів. Об'єм талої води склав 2,5 літри.

Вимірювання рН зібраних зразків проводилося за допомогою іономера рХ-150 МІ зі скляним комбінованим електродом "ЕКС-10603". Межа основної похибки приладу становила $\pm 0,05$ одиниці рН.

Таблиця 1.2 – Значення рН талої води.

Напрямок вітру	Фонове значення рН	Значення рН на відстанях, м		
		500	1000	1500
Пд-Сх	6,85	6,0	5,4	5,8
Пн-Зх		6,1	5,2	6,3

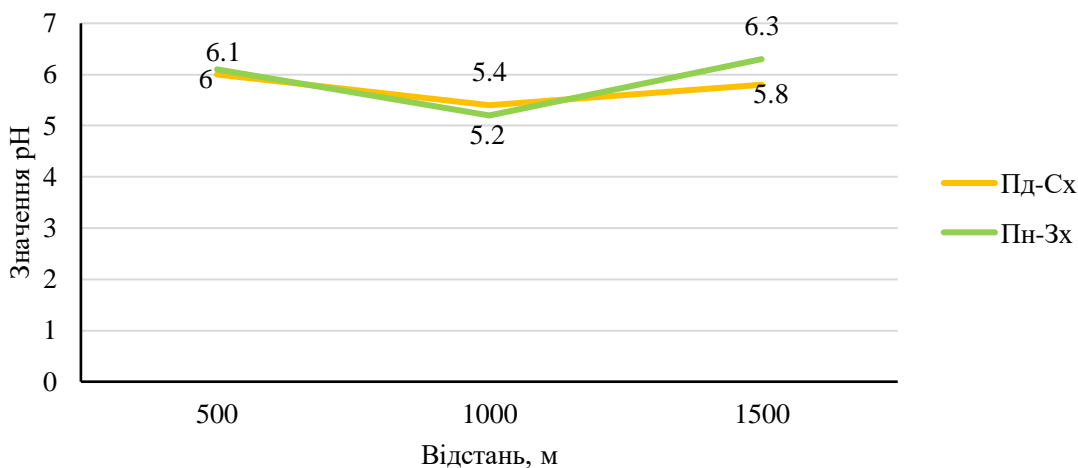


Рисунок 1.4 – Графік залежності значення рН талої води.

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510010

Арк

17

Результати проведених досліджень вказують на підвищену концентрацію кислоти у талій воді. Це свідчить про суттєвий вплив викидів газів і пилу від Сумської ТЕС, які містять SO₂ та NO_x. Під час танення забрудненого снігу відбувається процес закислення ґрунту. Кисле середовище також сприяє переміщенню важких металів по товщині ґрунту.

Надходження кислих опадів на поверхню ґрунту, які містять сульфурні і нітрогенові сполуки, що викидаються з відхідними газами теплоелектростанцій, може спричинити зміну кислотності ґрунту. Іони гідрогену можуть заміщати катіони, що присутні у ґрунті, що призводить до вилугування кальцію, магнію і калію або їх збереження у зневодненій формі. Внаслідок цього збільшується рухливість токсичних важких металів, таких як марганець, мідь і кадмій. Зростання кислотності ґрунтів під впливом антропогенних процесів призводить до збільшення кількості кислих ґрунтів з рівнем рН ґрунтового розчину нижче 4,65. В таких ґрунтах змінюються адсорбційні властивості, що призводить до збільшення концентрації деяких форм важких металів у ґрунтовому розчині. Більшість металів проявляють вищу рухливість у кислому середовищі. Міграційна здатність міді, нікелю, кобальту і цинку у лужному середовищі знижується на 1-2 порядки в порівнянні з окислювальним.

Це свідчить про потребу розробки заходів з метою зниження концентрації забруднюючих речовин у відходящих газах теплових електростанцій (ТЕС).

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № докл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510010

Арк

18

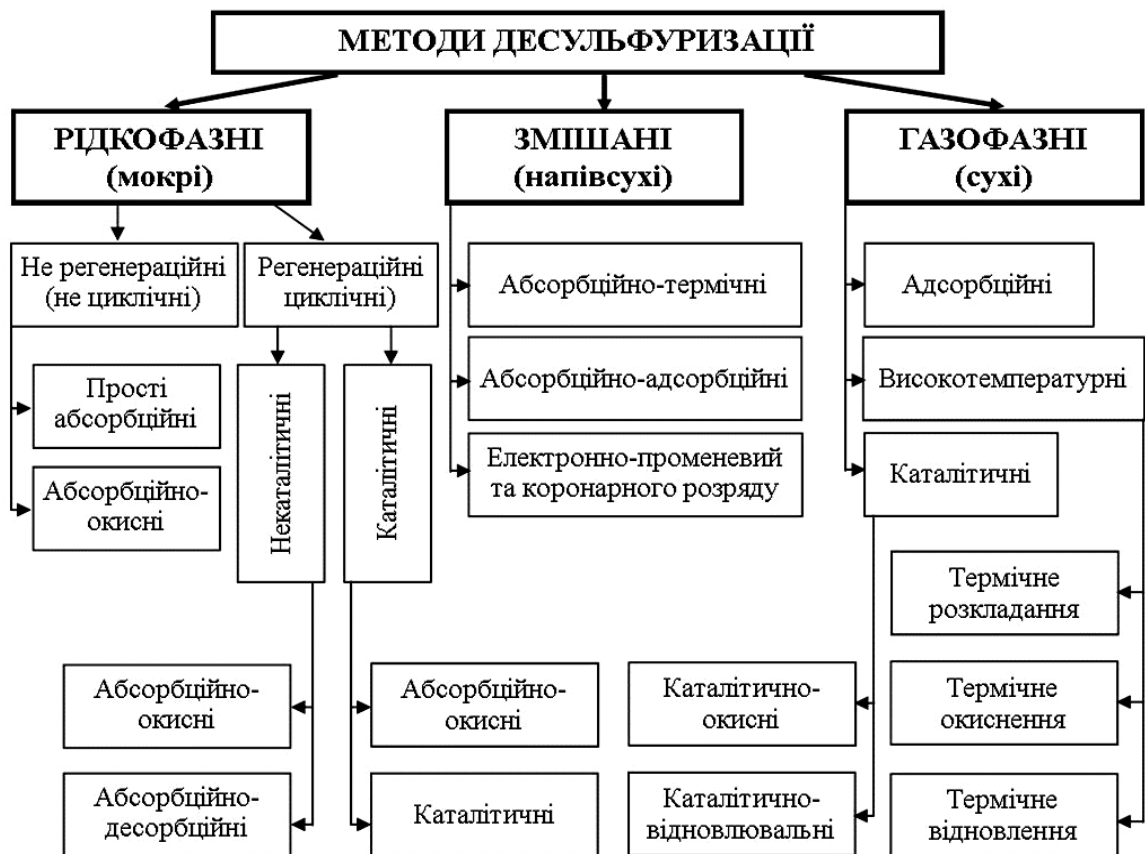


Рисунок 2.1 - Класифікація процесів десульфуризації димових газів.

Рідиннофазні методи широко використовуються для знесірчення димових газів електростанцій, а отримані продукти залежать від типу технології. Наприклад, вугільна електростанція потужністю 500 МВт із вмістом сірки 3,5% і ступенем видалення сірки з газу 95% дає наступні продукти: 90 тонн сульфатної целюлози, або 45 тонн гіпсу, або 31 тону сульфату амонію, або 23 тонн сірчаної кислоти, або 15 тонн діоксиду сірки, або 7,5 тонн сірки.

Найпоширенішим методом видалення сірки з викидів є абсорбція за допомогою вапна або вапняку. Він використовується на 90% існуючих сірковловлювальних установок і на ТЕС, що працюють на вугіллі, рідкому паливі або їх суміші, де вміст сірки в паливі становить менше 3%. Ступінь видалення SO₂ за допомогою цього методу може досягати 95-98%.

Під час очищення викидів CaCO₃ реагує з SO₂ з утворенням CaSO₄, а при взаємодії газу з CaO утворюється CaSO₃. Переваги використання вапняного шламу включають:

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	TC 19510010	Арк
						20
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

- ефективно поглинання при низьких співвідношеннях абсорбент/газ;
- невеликий розмір абсорбенту і капітальні витрати;
- низька кількість твердого шламу у відпрацьованому абсорбенті;
- низьке споживання води.

Необхідно провести аналіз і докладно обґрунтувати різноманітні методи і обладнання, що використовуються для очищення відхідних газів від сірководнегових сполук, з метою розробки рекомендацій щодо їх впровадження на теплових електростанціях (ТЕС).

2.2 Мокрі методи десульфуризації

Рідиннофазна (мокра) технологія є найбільш поширеною у світі для очищення димових газів від діоксиду сірки, в основному це нерегенеративний(нециркуляційний) вапняний метод і регенеративний (циркуляційний) сульфідно-натрієвий метод [26], який широко використовується в Китаї [27].

Використання мокрого методу передбачає використання різних абсорбентів, які не вимагають регенерації після поглинання діоксиду сірки. Це призводить до спрощення технічного процесу порівняно з регенеративним методом.

Водні розчини лужних натрієвих солей часто використовують як абсорбенти для очищення невеликих кількостей димових газів від SO₂. Концентрація абсорбенту та частота його використання визначаються залежно від концентрації діоксиду сірки в димових газах. Процес вимагає споживання електроенергії в розмірі 2-3% від потужності котлоагрегату (включаючи нагрів очисного газу).

При подвійній лужній обробці розчин гідроксиду натрію використовується як абсорбент, після чого абсорбований розчин, що містить діоксид сірки, обробляється гідроксидом кальцію. Результатом очищення є суміш сухих солей кальцію або гіпсу(після додаткової обробки осаду). Серед традиційних методів

Підп. і дата	
Інв.№дубл.	
Взаєм.інв.№	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						21

сіркоочищення димових газів з низькою концентрацією SO_2 беззаперечним лідером за кількістю побудованих установок є використання вапняку або вапна. Ці методи застосовуються на більш ніж 80% установок десульфуризації, що експлуатуються у світі. На перших установках десульфуризації вапно використовували як адсорбент, оскільки воно є лужним і тому більш ефективним, ніж вапняк (CaCO_3). Подальші дослідження розкрили, що використання вапняку, який є більш доступним адсорбентом, також є так само ефективним у видаленні SO_2 з газів. Обидва хемосорбенти мають багато спільного, включаючи хімічний склад, технічні схеми, характеристики твердого продукту очищення газів та ідентичні штучні добавки, які підвищують ефективність абсорбенту.

На рис. 2.2. представлено типову схему системи мокрого способу десульфуризації димових газів з використанням вапна/вапняку.

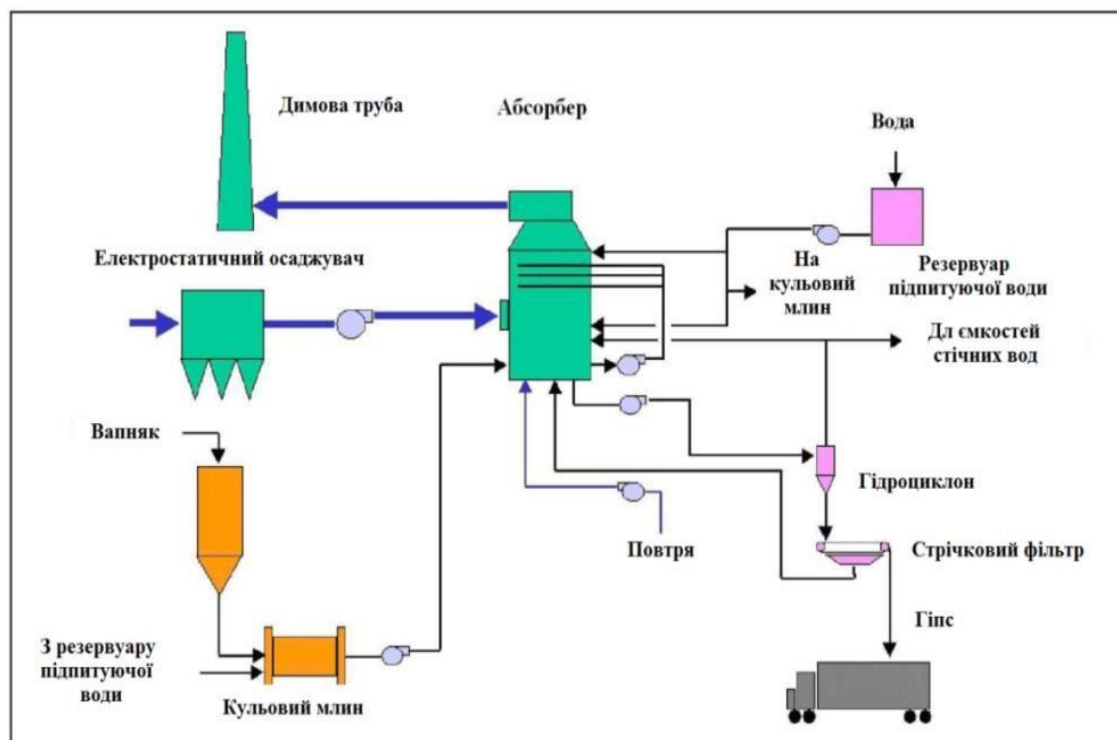


Рисунок 2.2 – Схема мокрого процесу десульфуризації з вапняком.

Підп. і дата	
Взаєм.інв.№ Інв.№дубл.	
Підп. і дата	
Інв.№поодл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510010

Арк

22

Метод LIDS комбінує технологію, що включає модифікацію пальників, введення вапна в топку і зволоження потоку димових газів.

- Абсорбційно-адсорбційні методи. Технологічно дані спосіб відрізняються від методу напівсухої абсорбції додатковою стадією. Яка полягає у проведенні адсорбції супутніх SO₂ домішок таких, як HCl, HF, діоксинів. Прикладом реалізації цього методу є процеси "Semi-Dry", "NID", розроблені компанією "Alstom", Франція.

Процес Semi - Dry –напівсухий процес поєднує в собі процес напівсухої абсорбції з використанням вапняку та активованого вугілля в якості адсорбенту. Процес характеризується уловлюванням ртуті, хлору, фтору та діоксинів з димових газів разом з SO_x.

Процес NID заснований на поглинанні SO₂ сухими реагентами, що містять вапно (CaO) або сухе гашене вапно Ca(OH)₂. Можна використовувати будь-який з цих реагентів. Технологія NID також може використовувати золу з вмістом вологи в декілька відсотків.

Широке поширення отримав напівсухий (змішаний) метод видалення SO₂, відомий як метод розпилювальної абсорбції, де зв'язування SO₂ відбувається за допомогою крапель суспензії вапняного розчину Ca(OH)₂, який подається до потоку димових газів у скрапленому вигляді.

2.4 Сухі методи десульфуризації

До сухих методів десульфуризації відносяться :

- хемосорбція – сухий адитивний метод, при якому вапняк (лужноземельні сполуки) подається в топку або додається туди разом з паливом. На основі цього методу розроблені процеси "Bergbau Frschung", Німеччина; "НОКСО", США та ін;

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						24

- хемосорбція SO₂ із застосуванням окису міді (метод "УОП-Шель");
 - каталітичне окислення SO₂ у SO₃, з отриманням сірчаної кислоти. Цей метод був розроблений в Данії, відомою фірмою "Haldor Topse" та реалізований у процесі "WSA";

- адсорбція SO₂ – результатом його застосування є розведена сірчана кислота або гіпс, і для його реалізації використовують активоване вугілля або кокс;

- радіаційно-хімічний процес очищення димових газів від оксидів сірки та азоту (радіоліз) полягає у введенні аміаку в потік димових газів, а після цього проводиться опромінення пучком прискорених електронів. Кінцевим результатом цього процесу є утворення сульфату і нітрату амонію. Цей метод реалізується підприємством "Штейнмюллер" в Німеччині.

Серед менш розповсюджених методів для видалення сірчаних домішок з газоповітряних середовищ можна вказати феррокс-системи (на основі заліза та нікелю), інгібіторно-магнезитовий метод, термічне розкладання, електроосадження та інші підходи, які застосовуються переважно в обмежених промислових і лабораторних галузях спеціалізації.

Проведений аналіз методів десульфурізації привів до наступних висновків. Мокрі методи забезпечують високу ефективність очищення відхідних газів від SO₂. У порівнянні з сухим методом, мокрі методи дозволяють проводити комплексне очищення відхідних газів, включаючи видалення золи, твердих частинок та інших продуктів процесів згоряння. Системи мокрого очищення дозволяють обробляти значні об'єми відхідних газів. Абсорбери та скрубери прості у використанні, компактні за розмірами та мають високий коефіцієнт корисної дії, що допомагає знизити витрати на процес газоочищення.

До переваг напівсухого очищення, у порівнянні з мокрим очищенням, можна віднести наступні аспекти: економія води; використання конструкційних матеріалів за помірну ціну; простота експлуатації та ремонту конструкцій. Проте, існують кілька значних недоліків: в напівсухих системах вартість

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № докл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						25

реагенту дещо вища, а ступінь уловлювання SO₂ (на одиницю використаного сорбенту) нижчий, ніж у мокрих системах.

Сухі адсорбційні методи застосовуються там, де концентрація забруднюючих речовин є постійною в часі, що складно забезпечити в умовах теплоелектростанцій, де використовується різне паливо і об'єми викидів можуть змінюватись.

Крім того, адсорбенти мають високу специфічність до певних забруднюючих речовин, що не дозволяє їх використовувати для комплексного очищення відхідних газів теплоелектростанцій.. Таким чином, адсорбція, як правило, не вважається основним етапом у комплексному очищенні димових газів, але широко використовується в хімічній та нафтохімічній промисловості.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата
ТС 19510010				
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
				Арк
				26

РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ ГАЗООЧИЩЕННЯ СУМСЬКОЇ ТЕС. РОЗРОБКА ПРОПОЗИЦІЙ ПО ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЮ

3.1 Система газоочищення Сумської ТЕС

Існуюча система газоочистки Сумської ТЕС включає в себе газоочисні установки з турбулентними флокуляторами Вентурі, встановлені після котлів ЦКТІ №2 та №3 для забезпечення золовидалення. Скрубер зрошується водою [22]. Вода подається через форсунки в коагулятор і розбивається на дрібні краплі під дією високошвидкісного газового потоку. Під час проходження через коагулятор, частинка летючого попелу, яка міститься в димових газах, відкладається частково на краплях та на поверхні зрошуваних стінок коагулятора. Крім того, димовий газ потрапляє у відцентровий скруббер, де додатково очищується від крапель та невловлених частинок золи перед викидом в атмосферу системою відведення димових газів [1,12]. Ефективність видалення золи в існуючих системах становить 83-85%. Очищення від газоподібних домішок в існуючих системах не контролюється. Існуючі системи очищення димових газів характеризуються високим споживанням води, при цьому великі обсяги пульпи транспортуються до золошлаковідвалів, що призводить до втрат води.

У таблиці 3.1 наведена інформація про викиди газу та пилу з Сумської теплоелектростанції.

З метою зменшення негативного впливу підприємства на навколишнє середовище необхідно також проводити очищення від газових домішок, зокрема від діоксиду сірки. Для досягнення цієї мети важливо вибрати підходящий хемосорбент, який забезпечить комплексне очищення відхідних газів та використання закритого водопостачального циклу.

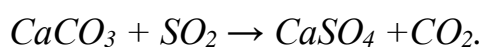
Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		27

Для ефективного очищення відхідних газів ми пропонуємо використовувати вапняковий метод, що дозволяє одночасно видаляти діоксид сірки та золу. Застосування цього методу сприятиме підвищенню рівня екологічної безпеки.

Таблиця 3.1 – Характеристика газопилових викидів Сумської ТЕС.

Джерело викидів	Кількість відхідних газів, м ³ /с	Температура, °С	Назва забруднюючої речовини	Концентрація, мг/м ³
Котел ЦКТИ №2	32	57	Карбон (II) оксид	211
			Нітроген (IV) оксид	1670
			Зола	12300
			Сірки (IV) оксид	1300
Котел ЦКТИ №3	32	58	Карбон (II) оксид	231
			Нітроген (IV) оксид	1580
			Зола	14800
			Сірки (IV) оксид	1250

Хемосорбційне очищення проходить за наступною реакцією:



Інв. №поодл.	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						28

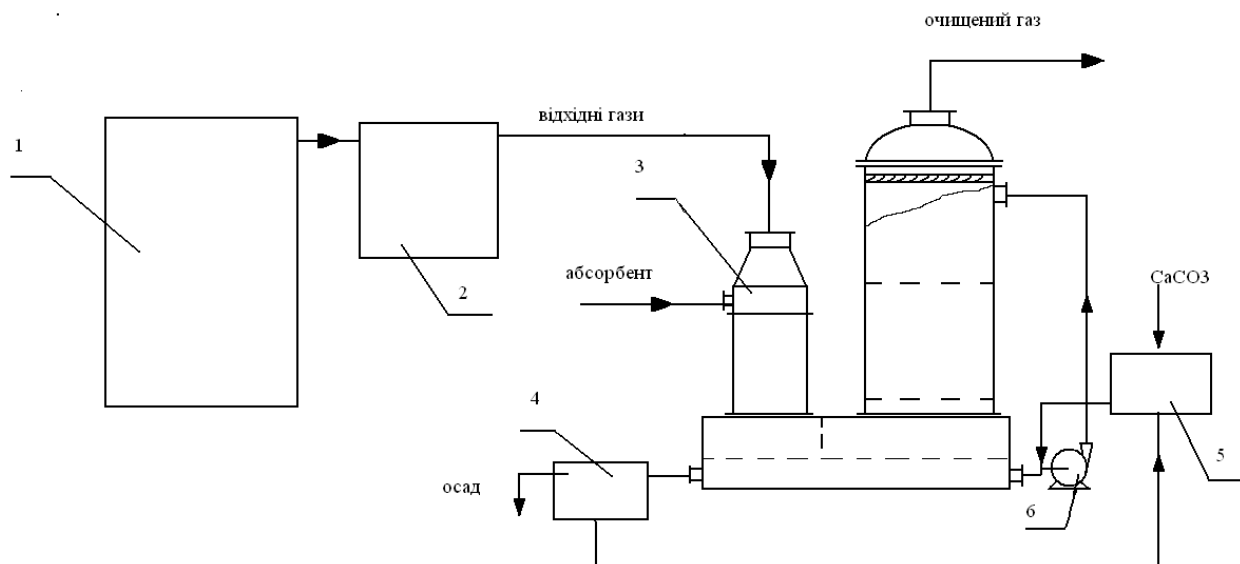


Рисунок 3.2 – Схема очищення газів: 1 – котел; 2 – теплообмінник; 3 – пилогазоочисний апарат; 4 – вакуум-фільтр; 5 – збірник поглинального розчину; 6 – насос.

Установка складається з трьох блоків: високо інтенсивного очищення (БВО), сепарації (БС) і тонкого очищення (БТО). БВО має циліндричний корпус діаметром 1,5 м і висотою 2,5 м і розподільну решітку з вільним поперечним перерізом $226 \text{ 0,87 m}^2 / \text{m}^2$. Агрегат має звичайну рухоми насадку, змонтовану на вертикальній струні. Елементи сопла діаметром 40 мм виготовлені з пористої гуми і прикріплені до струни з інтервалом 100 мм по горизонталі і 180 мм по вертикалі. БТО діаметром 3,5 м і висотою 4,0 м містить дві паливні збірки діаметром 150 мм і площею вільного перерізу $0,21 \text{ m}^2 / \text{m}^2$, з вертикальною відстанню між пластинами 1,4 м на відстані 1,4 м.

Робота обладнання полягає в наступному. Запилений газ надходить у верхню частину БВО і працює в режимі низхідного потоку. Одночасно з подачею газу в верхню частину апарату з розподільного колектора подається зрошувальний абсорбент. В результаті безпосереднього проточного контакту фаз відбувається грубе очищення димових газів від дрібних і середніх частинок золи і оксидів сульфуру (IV). Після БВО високошвидкісний газорідинний потік

Підп. і дата	
Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

надходить в сепараційний блок, де відбувається фазове розділення і інерційне осадження грубих твердих частинок. У протитечійній сепарації відбувається остаточне очищення димових газів від пилу та хемосорбційне очищення від оксидів сульфуру(IV). Розроблений пристрій було інтегровано в технологічну схему газоочистки (рис. 3.2), замінивши золоуловлювач на турбулентний флокулятор Вентурі. В якості абсорбенту використовували 15% водну суспензію вапняку. Продуктивність обладнання становить 100000 м³ /год. Для запобігання корозії внутрішня поверхня апарату була захищена гумовим покриттям.

Використання запропонованої конструкції апарату значно підвищить ефективність видалення оксиду сірки з відпрацьованих газів.

Відпрацьований абсорбент направляється на фільтрацію, після чого очищена вода повертається в процес приготування. Після очищення, вода повертається для використання у процесі приготування поглинального розчину, тоді як осадок у поглинальному розчині відділяється фільтруванням. В результаті фільтрації осад, що містить сульфід кальцію, відправляється на золівідвал. Він допомагає ущільнити дно золівідвалу і тим самим не забруднює підземні води.

Таким чином, проблема очищення відпрацьованих газів може бути вирішена без створення нової проблеми очищення стічних вод.

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010					Арк
										31
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

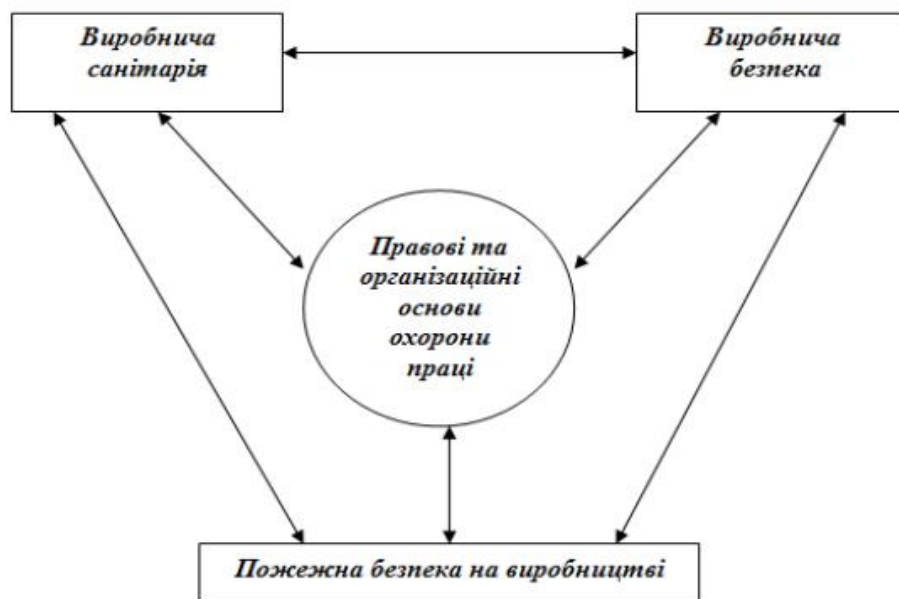


Рисунок 4.1. – Структурна схема охорони праці.

Промислова гігієна - це комплекс організаційних, гігієнічних і гігієнічних технічних заходів і засобів, спрямованих на попередження або послаблення дії на працівників шкідливих виробничих факторів.

Промислова безпека - це комплекс організаційно-технічних заходів і засобів, спрямованих на запобігання або зменшення впливу шкідливих виробничих факторів на працівників.

Пожежна безпека і профілактика на виробництві - це комплекс заходів і засобів, що застосовуються для запобігання виникненню пожеж, пожеж і вибухів у виробничому середовищі, а також зменшення негативного впливу небезпечних і шкідливих факторів при їх виникненні.

Із запровадженням стандартів безпеки і охорони праці кожен працівник повинен мати можливість виконувати свої обов'язки в безпечному середовищі, вільному від небезпек.

Гігієна охорони праці також має гарантувати, що люди з обмеженими можливостями чи вадами не будуть безпідставно перешкоджати працевлаштуванню та що робочі процеси адаптовані для того, щоб допомогти людям із особливими умовами працювати безпечно [16].

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

ТС 19510010

Арк

34

Гігієна та безпека праці (OHS) — це сфера суспільної медицини, яка головним чином зосереджена на безпеці, здоров'ї та добробуті працівників на роботі.

Забезпечення безпечного та здорового робочого середовища в багатьох частинах світу є законодавчим обов'язком працівників, і охорона праці вимагає, щоб роботодавці пропонували як лікування, так і зосередженість на профілактиці проблем зі здоров'ям.

Охорона праці та безпека значно покращилися за останні кілька десятиліть, що зрештою призвело до позитивних результатів. Загалом у світі кількість нещасних випадків на виробництві різко скоротилася.

Навіть види діяльності з високим ризиком стали безпечнішими, а також запроваджено безпечніші методи керування небезпечними механізмами. У більшості випадків гігієна та безпека праці часто забезпечуються поєднанням правових і виконавчих норм. Роботодавці також вимагають від своїх працівників практики саморегулювання [17].

4.2 Охорона праці в Україні: основні вимоги

Забезпечення нешкідливих і безпечних умов праці для своїх працівників є пріоритетом для будь-якого роботодавця.

Щоб уникнути неприємностей з представниками інспекції охорони праці та виключити ризик існування підприємства, роботодавець повинен подбати про багато речей, основні з яких перераховані нижче:

1. Створити відділ охорони праці.

Такий відділ має бути створений на підприємстві в обов'язковому порядку. Варто зазначити, що структура відділу має свої відмінності в залежності від кількості співробітників.

Якщо на підприємстві працює 50 і більше працівників, необхідно розробити Положення про відділ охорони праці конкретного підприємства, визначити

Підп. і дата	Підп. і дата
Інв. № дубл.	Взаєм. інв. №
Підп. і дата	Інв. № подл.
Вип	Арк
№ докум.	Підп.
Дата	

ТС 19510010

Арк

35

структуру такого відділу, чисельність його працівників, основні завдання, функції та права його працівників.

Крім того, необхідно затвердити посадові інструкції посадових осіб відділу, які визначають їх обов'язки, права та відповідальність.

При чисельності працівників менше 50 осіб окремий відділ не створюється, а функції відділу охорони праці можуть бути передані за супутніми посадами особам, які мають відповідну підготовку. А підприємства з чисельністю працівників менше 20 осіб можуть наймати незалежних практиків з охорони праці.

Такі спеціалісти повинні укласти договір про надання відповідних послуг, а також мати стаж роботи не менше 3 років та освіту в галузі безпеки та гігієни праці.

2. Створити та затвердити інструкції та інші документи з охорони праці на підприємстві.

Роботодавець зобов'язаний затвердити зазначені документи, що регламентують роботу відділу охорони праці. Ці документи повинні передбачати правила ведення робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівництві та робочих місцях.

Інструкції та інша документація з охорони праці створюється на підставі положень законодавства у сфері охорони праці, типових інструкцій і технічної документації підприємства з урахуванням виду підприємства та особливостей виробничого середовища.

3. Організувати проведення інструктажів з питань охорони праці.

У процесі роботи необхідно провести кілька інструктажів з охорони праці:

Перший або вступний інструктаж проводиться перед початком роботи нового працівника. Він складається з:

- інформація про майбутні умови праці;
- відомості про всі небезпечні або шкідливі виробничі фактори, їх можливий вплив на життя і здоров'я працівника.

Інв. № по одл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010				Арк
					Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата

Відповідальним за проведення вступного інструктажу є фахівець з охорони праці;

Нові співробітники також проходять вступний інструктаж на робочому місці, який включає необхідне навчання. Вступний інструктаж проводить безпосередній керівник працівника;

Повторні інструктажі (1 раз на квартал або 1 раз на півроку);

Позаплановий інструктаж може проводитись при зміні правил охорони праці, зміні обладнання або у разі порушення працівником правил охорони праці тощо.

Цільові інструктажі, які проводяться при необхідності виконання якоїсь разової роботи.

Відомості про проведення інструктажів заносяться до відповідного журналу і засвідчуються підписами керівника та особи, яка пройшла інструктаж.

4. Організувати навчання та перевірку знань працівників з питань охорони праці.

Навчання з питань охорони праці працівників, зайнятих на роботах підвищеної небезпеки, може проводитися як безпосередньо на підприємстві, так і іншим суб'єктом господарювання, який має необхідні навички.

Таке навчання може бути організовано безпосередньо на підприємстві або іншим суб'єктом господарювання, який проводить таке навчання. Перевірку знань з питань охорони праці проводить комісія підприємства, яка складається з осіб, які затверджуються директором підприємства.

На підприємстві повинні бути затверджені положення про інструктаж з питань охорони праці, а також графіки навчання та перевірки знань з питань охорони праці. З цими документами повинні бути ознайомлені всі працівники.

5. Організувати медичні огляди.

Існує перелік обов'язкових медичних оглядів перед прийняттям на роботу, які роботодавець зобов'язаний організувати за власний рахунок:

Підп. і дата	
Інв. № дубл.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
-----	-----	----------	-------	------

ТС 19510010

Арк

37

7. Повна атестація робочих місць.

Підприємства, в технологічному процесі яких використовуються обладнання, сировина, що є потенційними джерелами шкідливих і небезпечних виробничих факторів, здатних негативно впливати на здоров'я працівників, повинні проходити атестацію робочих місць.

Така атестація проводиться членами атестаційної комісії, повноваження якої затверджуються наказом у строки, передбачені колективним договором, але не рідше одного разу на 5 років. Інформація про результати такої атестації вноситься до карти умов праці.

8. Вести облік нещасних випадків на виробництві.

Законом України встановлено, що роботодавець зобов'язаний організувати розслідування та вести облік нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань.

Результатом такого розслідування має бути складання:

- акт за формою Н-5 (якщо нещасний випадок визнано таким, що не пов'язаний з виробництвом);

- форма Н-1 (якщо це пов'язано з виробництвом).

Один із примірників має бути наданий потерпілому або іншій заінтересованій особі не пізніше 3 днів з моменту закінчення розслідування [25].

Крім зазначених пунктів, законодавство передбачає деякі інші зобов'язання, пов'язані з безпекою та гігієною праці. Деякі з них здаються декларативними (наприклад, обов'язок впровадження прогресивних технологій), але інші повинні обов'язково виконуватися роботодавцями (наприклад, вимоги щодо праці жінок, неповнолітніх та інвалідів, вимога подавати звіти про рівень безпеки та гігієни праці) [18].

4.3 Охорона праці на ТЕС

Охорона праці на теплоелектростанціях є дуже важливим аспектом забезпечення безпеки працівників і запобігання нещасним випадкам та

Підп. і дата	
Інв. № добул.	
Взаєм. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № добул.	

Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата	ТС 19510010	Арк
						39

професійним захворюванням. Теплоелектростанції мають свої особливості і ризики, пов'язані з енергетичними процесами та використанням палива.

Основні аспекти охорони праці на теплоелектростанціях включають:

Аналіз ризиків: важливо провести детальний аналіз всіх можливих ризиків, пов'язаних з роботою на теплоелектростанції. Це включає оцінку ризиків, пов'язаних з роботою з електрообладнанням, високими температурами, рухомими частинами машин, небезпеками, пов'язаними з паливом та іншими аспектами робочого процесу.

Встановлення процедур безпеки: на теплоелектростанціях слід розробити та впровадити процедури безпеки, які включають правила поведінки працівників, використання безпечних методів роботи, контроль за дотриманням правил експлуатації, процедури евакуації, надання першої медичної допомоги та інші аспекти безпеки.

Навчання та підготовка: приведення персоналу відповідного навчання щодо правил охорони праці на теплоелектростанції є дуже важливим. Працівники повинні бути ознайомлені з процедурами безпеки, вміти виявляти потенційні небезпеки та знати, як реагувати на них.

Захисне обладнання: працівники на теплоелектростанціях повинні мати доступ до необхідного захисного обладнання, такого як захисні шоломи, захисні окуляри, рукавиці, захисні костюми та інші засоби індивідуального захисту, що допомагають уникнути травм і захистити від шкідливих впливів.

Регулярний технічний огляд: технічне обладнання теплоелектростанцій повинно проходити регулярний огляд та технічне обслуговування.

Керівництво підприємства організовує, забезпечує і контролює трудову діяльність працівників відповідно до вимог Закону України "Про охорону праці" та забезпечує безпечні умови праці на кожному робочому місці.

Працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктажі та навчання з питань охорони

Інв. № докл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010	Арк
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		40

праці та зниження рівня виробничого травматизму. Для цього виділяються всі необхідні фінансові ресурси.

Пріоритетні напрями інвестицій ДТЕК Енерго в охорону праці та промислову безпеку залишаються незмінними:

- створення безпечних умов праці на робочих місцях;
- забезпечення співробітників ефективними засобами індивідуального захисту
- навчання для підвищення рівня знань персоналу з питань охорони праці;
- охорона здоров'я працівників;
- приведення основних фондів у відповідність до вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010					Арк
										42
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

ВИСНОВКИ

У міру розвитку суспільства ми виявляємо більше забруднюючих речовин, які сприяють негативним наслідкам зміни клімату та глобальному потеплінню. Багато з цих забруднювачів надходять з енергетичної промисловості, і незалежно від того, наскільки вони зведені до мінімуму, завжди будуть деякі забруднювачі, які потраплятимуть у нашу атмосферу. Теплові електростанції відомі тим, що виробляють широкий спектр забруднюючих речовин.

Теплові електростанції викидають багато парникових газів і золи, які є побічними продуктами спалювання викопного палива для отримання електричної та теплової енергії. До шкідливих наслідків відносяться:

- викиди в атмосферу золи, що містить незгорілі частинки палива, оксиди азоту та сірки, сірчану кислоту та сірчаний ангідрид, деякі фтористі сполуки, гідрокарбонати та газоподібні продукти неповного згоряння;

- теплове забруднення повітря та водних об'єктів у районі розташування заводу;

- споживання великої кількості кисню та великої кількості води;

- викиди стічних вод, що містять важкі метали, органічні сполуки, нафтопродукти, жири тощо;

- утворення золовідвалів та забруднення ландшафту

- генерація електромагнітних та електростатичних полів.

Після проведення аналізу всіх доступних методів очищення димових газів від SO₂, можна зробити наступні висновки. Найбільш ефективними є методи мокрої абсорбції, які ґрунтуються на використанні промивних розчинів з лужними властивостями для зв'язування сірчистого ангідриду.

Переваги вапняної суспензії: висока реакційна здатність, що забезпечує ефективну абсорбцію при малому співвідношенні абсорбент/газ; невеликі

Інв. №подл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. №дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010	Арк
						43
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата		

розміри абсорберів і капітальних витрат; менший обсяг твердого осаду відпрацьованого абсорбенту; більш низьке споживання води.

Переваги використання вапнякової суспензії включають такі фактори: низька вартість і легкість придбання хемосорбентів; мале енергоспоживання (навіть при процесі перетворення вапняку на вапно).

Згідно наказу Мінприроди України № 62 від 16.02.2018 року та Директиви 2010/75/EU, допустима концентрація діоксиду сірки в димових газах спалювальних установок не повинна перевищувати 200 мг/м³, а для нових установок — 150 мг/м³. В даний час рівень викидів SO₂ на теплових електростанціях України перевищує ці ліміти в 6-18 разів, що вимагає впровадження сучасних ефективних технологій газоочищення [1,30]. При виборі методів очищення газів на конкретних підприємствах рекомендується керуватись принципами технологічної, економічної та екологічної обґрунтованості. Обрані технології повинні відповідати критерію "Найкращі доступні технології", який є стандартом в Європі.

Інв. № покл.	Підп. і дата	Взаєм. інв. №	Інв. № дубл.	Підп. і дата	ТС 19510010					Арк
										44
Вип	Арк	№ докум.	Підп.	Дата						

