

СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля

Факультет _____ інженерії _____
(повне найменування факультету)

Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту (роботи)

освітнього ступеня _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)
спеціальності _____ 101 – Екологія _____
(шифр і назва спеціальності)
спеціалізація _____

на тему: Оцінка впливу на довкілля твердопаливних котлів

Виконав: здобувач вищої освіти групи _____ ПЕО-17Д _____

_____ Радіонов О.Ю. _____
(прізвище, та ініціали) (підпис)

Керівник _____ Кравченко І.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Завідувач кафедру _____ Суворін О.В. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____ Блінова Н.К. _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Севєродонецьк - 2021 р.

**СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені Володимира Даля**

Факультет _____ інженерії _____
Кафедра _____ хімічної інженерії та екології _____
Освітній ступінь _____ бакалавр _____
(бакалавр, магістр)
Спеціальність _____ 101 – Екологія _____
(шифр і назва)
Спеціалізація _____

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедрою ХІЕ

О.В. Суворін

“ _____ ” _____ 2021 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВИТИ

Радіонову Олександрю Юрійовичу

1. Тема проекту (роботи) :

Оцінка впливу
на довкілля
твердопаливних котлів

Керівник проекту (роботи) Кравченко Інна Василівна, к.т.н., доц.

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

затвержені наказом по університету від 18.03.2021 р. № 53/15.25.

2. Строк подання здобувачем вищої освіти проекту (роботи) - 14 червня 2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи): літературні, патентні та регламентні дані.

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

Вступ. 1. Структура і закономірності існування природних екосистем. 2. Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище. 3. Нормування якості навколишнього середовища. 4. Аналітичний огляд. 5. Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу. 6. Розробка природоохоронного заходу. 7. Моніторинг забруднення атмосферного повітря. 8. Еколого-економічні розрахунки. 9. Висновки. Анотація. Література.

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

1. Технологічна схема (1 лист).
2. Креслення основного апарату (1 лист).
3. Розрахункові дані (1 лист).

6. Дата видачі завдання - 18 березня 2021 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Пор № | Назва етапів дипломного проекту (роботи) | Термін виконання етапів проекту (роботи) | Примітка |
|------------------|--|--|----------|
| 1 | Вступ | 25.04.2021 | |
| 2 | Структура і закономірності існування природних екосистем | 02.05.2021 | |
| 3 | Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище | 10.05.2021 | |
| 4 | Нормування якості навколишнього середовища | 17.05.2021 | |
| 5 | Аналітичний огляд | 24.05.2021 | |
| 6 | Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу | 31.05.2021 | |
| 7 | Розробка природоохоронного заходу | 04.06.2021 | |
| 8 | Моніторинг забруднення атмосферного повітря | 06.06.2021 | |
| 9 | Еколого-економічні розрахунки | 08.05.2021 | |
| 10 | Висновки | 09.06.2021 | |
| ГРАФІЧНА ЧАСТИНА | | | |
| 1 | Технологічна схема | 10.06.2021 | |
| 2 | Креслення основного апарату | 12.06.2021 | |
| 3 | Розрахункові дані | 14.06.2021 | |

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

Радіонов О.Ю.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

_____ (підпис)

Кравченко І.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Реферат

Дипломний проект з теми «Оцінка впливу на довкілля твердопаливних котлів» складається з пояснювальної записки, що містить 103 сторінки, 24 таблиці, 3 рисунки, використано 24 найменування літературних джерел. Графічна частина – 3 листи.

ЕНЕРГОБЛОК, ВИКИД, ВАЖКІ МЕТАЛИ, ОКИСНЕННЯ, РОЗПЛАВ, ЗВАЖЕНІ ЧАСТКИ, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, АДСОРБЦЯ, ЗНЕШКОДЖЕННЯ, ПАЛИВО

В дипломному проекті розглянуті компоненти навколишнього середовища та зроблена оцінка впливу на них викидів котлоагрегатів. Визначено, що найбільшої шкоди довкіллю завдають котлоагрегати, що працюють на вугіллі.

Запропоновано комбінований метод – спалювання вугілля в розплаві та очистки скидних газів теплоелектростанцій із застосуванням механохімічної сорбенту забезпечить: відмову від споживання дорогих сорбентів; можливість безперервного здійснення процесу; зменшення розмірів устаткування; знизити концентрації оксидів сірки, монооксиду вуглецю та зважених частинок (пил, зола, важкі метали) в скидних газах.

Запропоновані техніко-екологічні рішення – є доцільними, при впровадженні яких плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 279,8 тис. грн./рік, загальний еколого-економічний ефект – 328,68 тис. грн (без врахування вартості адсорберу та заміни котлоагрегату).

Зміст

| | |
|--|-----|
| Вступ | 7 |
| 1 Структура і закономірності існування природних екосистем | 8 |
| 2 Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище | 13 |
| 3 Нормування якості навколишнього середовища | 30 |
| 4 Аналітичний огляд | 37 |
| 5 Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу | 64 |
| 6 Розробка природоохоронного заходу | 67 |
| 7 Моніторинг забруднення атмосферного повітря | 86 |
| 8 Еколого-економічні розрахунки | 94 |
| Висновки | 100 |
| Анотації | 101 |
| Література | 102 |

Вступ

Сьогодні все більше уваги в світі приділяється зменшенню забруднення навколишнього середовища. Одне з основних завдань – поліпшення стану атмосферного повітря. Одним з рамкових законів в сфері охорони атмосферного повітря є Паризька угода, яка прийшла на зміну Кіотському протоколу. Вона передбачає регулювання заходів зі зменшення викидів діоксиду вуглецю з 2020 року. Набула вона чинності з 4 листопада 2016 року. [5]

Найбільше забруднення повітря відбувається внаслідок викидів в атмосферу шкідливих речовин при роботі енергетичних установок, що працюють на вуглецьвміщуючому паливі (вугілля, гас, мазут, дизельне паливо). [2] Одним з основних і найбільш великомасштабних джерел забруднення атмосфери є теплові електростанції (ТЕС). На частку ТЕС припадає більше 30% викидів шкідливих речовин в атмосферу. [3] Основні компоненти, що викидаються в атмосферу при спалюванні різних видів палива нетоксичні вуглекислий газ (CO_2) і водяна пара (H_2O). Крім цього в повітряне середовище викидаються такі шкідливі речовини, як оксиди сірки, нітрогену, вуглецю, сполуки важких металів, сажа, вуглеводні, незгорілі частки твердого палива, канцерогенний бенз(а)пірен. [4]

Нині стан ТЕС в Україні можна вважати критичним. Обладнання, що було введено в експлуатацію в 60 – 70-і рр. і запроектоване по нормах 50-х рр. минулого сторіччя, вже відробило свої ресурси і фізично застаріло. Тому метою дипломної роботи є аналіз кількості та виду сполук, що виділяються при спалюванні різних видів палива на енергоблоках та пошук шляхів зменшення антропогенного навантаження твердопаливних котлів на навколишнє середовище, зокрема атмосферне повітря.

1. Структура і закономірності існування природних екосистем

Термін «екологія» вперше вжив Геккель в 1866 році. Він походить від грецького слова: oikos (житло, місцезнаходження, притулок) і logos (наука). Так Геккель назвав науку, яка вивчає організацію та функціонування надорганізмових систем різних рівнів: видів, популяцій, біоценозів, екосистем і біосфери [1].

Американський учений Ю. Одум розглядав екологію не як вузьку біологічну дисципліну, а як міждисциплінарну науку. Екологія - біологічна наука, так як вивчає умови існування живих організмів, і екологія кінчається там, де закінчується форма існування живої матерії. Крім того, за Одумом екологія - гуманітарна наука, так як вивчає роль і місце людини в біосфері. Разом з тим екологія - точна наука, так як вивчає живі об'єкти та їх спільноти.

З сучасних позицій екологія:

1. одна з біонаук, яка вивчає живі системи у зв'язку з середовищем проживання;
2. це комплексна наука, що синтезує дані природничих та суспільних наук про природу і взаємодію суспільства із середовищем проживання;
3. це особливий загальнонауковий підхід до дослідження проблем взаємовідносин організмів, біосистем і природи.

Предметом вивчення екології є діяльне вивчення за допомогою кількісних методів основ структури та функціонування природних і штучних систем. Щодо предметів вивчення екологія поділяється на екологію мікроорганізмів, грибів, рослин, тварин, людини, екологію сільського господарства, прикладну, інженерну та загальну екологію.

Об'єктом вивчення екології в першу чергу є екосистема. У ній знаходяться окремі особини, спільноти особин, або їх угруповання [2].

У одноклітинних рослин і тварин особини представлені однією клітиною, в якій протікають всі життєво необхідні процеси. У багатоклітинних - забезпечена єдність генотипу всіх клітин. Багато багатоклітинних рослин розмножуються

вегетативним способом, у процесі розпаду організму виходять самостійні індивідууми.

Крім живих об'єктів, екологія вивчає неживі об'єкти, які знаходяться в тісному зв'язку з живими організмами - атмосферне повітря, вода, ґрунт, цілий ряд хімічних елементів і перелік усього абіотичного, який називається екотопом.

Навколишнє середовище - та частина природи, яка оточує живі організми і, з якою вони безпосередньо взаємодіють [1]. Складові частини і властивості середовища різноманітні, мінливі, і будь-яка жива істота постійно пристосовується до них, регулюючи свою життєдіяльність відповідно до змін середовища проживання.

Екологічні фактори - елементи зовнішнього середовища, які визначають умови існування організмів [3]. Екологічні фактори можна поділити на три великі групи:

1. Абіотичні фактори - температура, світло, вологість повітря, вітер, сольовий склад води, тиск атмосферного повітря, рельєф місцевості та інші. Це все властивості неживої природи, які прямо чи опосередковано впливають на живий організм.

2. Біогенні чинники - прямий або непрямий вплив живих істот один на одного, це зв'язок рослин один з одним, тварин і рослин, мікроорганізмів з рослинами і тваринним світом. Взаємні зв'язки організмів - основа існування біоценозів і популяції.

3. Антропогенні фактори - елементи навколишнього середовища, пов'язані з діяльністю людського суспільства, яка призводить до зміни природи.

Екосистема - основна одиниця біосфери, яка є об'єктом вивчення екології. Цей термін ввів англійський біолог Тенслі в 1935 році [1]. Екосистема - це просторова система, яка охоплює історично сформований комплекс живих організмів, пов'язаних між собою трофічними зв'язками, і неживих компонентів середовища їх існування, які задіюють у процесі обміну речовин і енергії.

У кожній екосистемі здійснюється кругообіг речовин та обмінні енергетичні процеси [2]. Кожна екосистема складається з біоценозу і біотопу. Біоценоз історично сформувався сукупністю рослин, тваринного світу і мікроорганізмів, які населяли біотоп. Кожен біоценоз складається з фітоценозу (сукупності рослин), зооценозу (сукупність тварин), мікробіоценозу (сукупність мікроорганізмів). Біотоп - ділянка поверхні землі з більш-менш однотипними умовами існування.

У кожній екосистемі є 2 основних компоненти: організми та фактори неживої природи [2]. Таку сукупність організмів називають біотою екосистеми. Шляхи взаємодії різних категорій організмів - це її біотична структура. Біотична частина екосистеми обов'язково включає два основних компоненти:

- автотрофний компонент, для якого характерні фіксація світлової енергії, використання простих неорганічних речовин, побудова складних речовин;
- гетеротрофний компонент, якому притаманні утилізація, перебудова і розкладання складних органічних речовин. Дуже часто організми, що представляють собою ці два компоненти, розділені в просторі; вони розташовуються у вигляді ярусів, один над іншим.

Неживі (фізичні та хімічні) фактори навколишнього середовища називають абіотичними.

Незважаючи на велику різноманітність екосистем - від пустель до тундри, всім їм, на думку екологів, властива приблизно однакова біотична структура. Іншими словами всі вони містять одні й ті ж категорії організмів, які подібно взаємодіють у всіх екосистемах. Це такі категорії, як продуценти, консументи і редуценти.

Одна з причин, яка викликає різноманітність екосистем (біоценозів) у природі - це своєрідність абіотичних умов кожного регіону. Тобто, незважаючи на різноманітність екосистем, всі вони мають спільні риси. У кожній з них можна виділити фотосинтезуючі рослини - продуценти, різні типи консументів і редуцентів.

В природі не існує такого виду, який би не був пов'язаний з іншим. Харчуючись за рахунок інших речовин, організми отримують енергію. Внаслідок чого, в природі з'являються трофічні ланцюга - ряди взаємопов'язаних видів, в яких кожний попередній є об'єктом харчування для подальшого. Трофічні ланцюги бувають різних типів. Тип ланцюга залежить від початкової ланки. Початковим ланкою у трофічних ланцюгах можуть бути рослини, мертві рослини, залишки і послід тварин.

Наприклад: рослини - зайці - лисиці - воли, коров'ячий послід - личинки мух - комахоїдні птахи - хижаки, рослинний перегній - дощові черв'яки - кроти.

Трофічний ланцюг можна уявити у вигляді піраміди чисел, фундамент якої складають численні види рослин, наступні рівні утворюють травоядні і м'ясоїдні тварини, чисельність яких стрімко зменшується у напрямку до вершини, на якій знаходяться нечисленні великі хижаки.

Існує три основних типи пірамід [1,2]:

1. піраміда чисел - показує чисельність окремих організмів;
2. піраміда біомаси - характеризує загальну масу сухої речовини, калорійність або іншу міру загальної кількості живої речовини;
3. піраміди енергії - відповідають величині потоку енергії або продуктивності на наступних трофічних рівнях.

У піраміді чисел і біомаси основа може бути менше ніж один або кілька верхніх поверхів. Так буває, коли середні розміри продуцентів менше, ніж розміри консументів. Екологічна піраміда енергії, навпаки, завжди звужується догори [3].

Газовий склад атмосферного повітря.

Газовий склад повітря, яким ми дихаємо, виглядає так: 78% становить азот, 21% - кисень і 1% припадає на інші гази. Але в атмосфері великих промислових міст це співвідношення часто порушено. Значну частку становлять шкідливі домішки, зумовлені викидами підприємств та автотранспорту. Автотранспорт привносить в атмосферу багато домішки: вуглеводні невідомого складу, бенз (а) пірен, вуглекислий газ, сполуки сірки та азоту, свинець, чадний газ [5].

До складу атмосферного повітря, яким дихає кожен з нас, входять кілька газів, основними з яких є: азот (78.09%), кисень (20.95%), водень (0.01%) двоокис вуглецю (вуглекислий газ) (0.03%) та інертні гази (0.93%). Крім того, в повітрі завжди знаходиться якість у водяної пари, кол-во яких завжди змінюється зі зміною температури: чим вища температура, тим зміст пара більше і навпаки. Внаслідок коливання запланованої водяної пари в повітрі процентний вміст у ньому газів також непостійно. Всі гази, що входять до складу повітря, безбарвні і не мають запаху. Вага повітря змінюється в залежності не тільки від температури, але і від вмісту в ньому водяної пари. При однаковій температурі вага сухого повітря більше, ніж вологого, тому що водяні пари значно легше парів повітря.

У таблиці 1.1 наведено газовий склад атмосфери в об'ємному та масовому відношенні, а також час життя основних компонентів:

Таблиця 1.1 – Газовий склад атмосфери в об'ємному та масовому відношенні

| Компонент | % Об'ємні | % Масові |
|------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| N ₂ | 78,09 | 75,50 |
| O ₂ | 20,95 | 23,15 |
| Ar | 0,933 | 1,292 |
| CO ₂ | 0,03 | 0,046 |
| Ne | $1,8 \cdot 10^{-3}$ | $1,4 \cdot 10^{-3}$ |
| He | $4,6 \cdot 10^{-4}$ | $6,4 \cdot 10^{-5}$ |
| CH ₄ | $1,52 \cdot 10^{-4}$ | $8,4 \cdot 10^{-5}$ |
| Kr | $1,14 \cdot 10^{-4}$ | $3 \cdot 10^{-4}$ |
| H ₂ | $5 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ |
| N ₂ O | $5 \cdot 10^{-5}$ | $8 \cdot 10^{-5}$ |
| Xe | $8,6 \cdot 10^{-6}$ | $4 \cdot 10^{-5}$ |
| O ₃ | $3 \cdot 10^{-7} - 3 \cdot 10^{-6}$ | $5 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-6}$ |
| Rn | $6 \cdot 10^{-18}$ | $4,5 \cdot 10^{-17}$ |

2. Оцінка впливу базового об'єкта на навколишнє середовище

2.1 Загальна характеристика ТЕС

Електроенергію виробляють на електростанціях за рахунок використання енергії, схованої в різних природних ресурсах. Це відбувається в основному на теплових (ТЕС), працюючих по тепловому циклу.

Типи теплових електростанцій

За видом генерованої і відпускної енергії теплові електростанції поділяють на два основних типи: конденсаційні (КЕС), призначені тільки для виробництва електроенергії, і теплофікаційні, або теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Конденсаційні електричні станції, що працюють на органічному паливі, будують поблизу місць його добування, а теплоелектроцентралі розміщують поблизу споживачів тепла – промислових підприємств і житлових масивів. ТЕЦ також працюють на органічному паливі, але на відміну від КЕС виробляють як електричну, так і теплову енергію у вигляді гарячої води і пари для виробничих і теплофікаційних цілей. До основних видів палива цих електростанцій відносяться: тверде – кам'яне вугілля, антрацит, напівантрацит, буре вугілля, торф, сланці; рідке – мазут і газоподібне – природний, коксовий, доменний і т.п. газ. [1]

У залежності від типу теплосилової установки для приводу електрогенератора електростанції поділяються на паротурбінні (ПТУ), газотурбінні (ГТУ), парогазові (ПГУ) і електростанції з двигунами внутрішнього згорання (ДЕС).

У залежності від тривалості роботи ТЕС впродовж року при покритті графіків енергетичних навантажень, які характеризуються числом годин використання встановленої потужності установки електростанції прийнято класифікувати на: базові ($\tau_{уст} > 6000$ год/рік); напівпікові ($\tau_{уст} = 2000-5000$ год/рік); пікові ($\tau_{уст} < 2000$ год/рік).

Базовими називають електростанції, які несуть максимально можливе постійне навантаження впродовж більшої частини року. У світовій енергетиці як

базові використовують АЕС, високоекономічні КЕС, а також ТЕЦ при роботі по тепловому графіку.

Пікові навантаження покривають ГЕС, ГАЕС, ГТУ, що володіють маневреністю і мобільністю, тобто швидкими пуском і зупинкою. Пікові електростанції включаються в години, коли потрібно покрити пікову частину добового графіка електричного навантаження. Напівпікові електростанції при зменшенні загального електричного навантаження або переводяться на знижену потужність, або виводяться в резерв. [16]

По технологічній структурі теплові електростанції поділяються на блочні й неблочні. При блочній схемі основне і допоміжне обладнання паротурбінної установки не мають технологічних зв'язків з обладнанням іншої установки електростанції. Для електростанцій на органічному паливі при цьому до кожної турбіни пара підводиться від одного або двох з'єднаних з нею котлів. При неблочній схемі ТЕС пара від всіх котлів надходить в загальну магістраль і звідти розподіляється по окремих турбінах. [1]

Електроенергію на електростанціях виробляють за рахунок використання енергії, схованої в різних природних ресурсах (вугілля, мазут, уран та ін.), за достатньо простим принципом, реалізуючи технологію перетворення енергії. Загальна схема ТЕС відображає послідовність такого перетворення одних видів енергії в інші та використання робочого тіла (вода, пара) в циклі теплової електростанції. Паливо (в даному випадку вугілля) згоряє в котлі, нагріває воду і перетворює її в пару. Пара подається в турбіни, які перетворюють теплову енергію пари в механічну енергію і приводять в дію генератори, виробляючи електроенергію.

Сучасна теплова електростанція – це складне підприємство, яке включає велику кількість різноманітного обладнання. Склад обладнання електростанції залежить від вибраної теплової схеми, виду використовуваного палива і типу системи водопостачання.

Основне обладнання електростанції включає: котельні й турбінні агрегати з електричним генератором і конденсатором. Ці агрегати стандартизовані по потужності, параметрах пари, продуктивності, напрузі та силі струму і т.д. Тип і кількість основного обладнання теплової електростанції відповідають заданій потужності й передбаченому режиму її роботи. Існує і допоміжне обладнання, яке служить для відпуску теплоти споживачам і використання пари турбіни для підігріву живильної води котлів і забезпечення власних потреб електростанції. До нього відноситься обладнання систем паливостачання, деаераційно-живильної установки, конденсаційної установки, теплофікаційної установки (для ТЕЦ), систем технічного водопостачання, маслостачання, регенеративного підігріву живильної води, хімоводопідготовки, розподілу і передачі електроенергії. [17]

Ефективність роботи ТЕС характеризується різними техніко-економічними показниками, одні з яких оцінюють досконалість теплових процесів (ККД, витрати теплоти і палива), а інші характеризують умови, в яких працює ТЕС. Найбільш важливими і повними показниками роботи ТЕС є собівартості електроенергії і теплоти.

Найбільшу шкоду екології навколишніх регіонів завдають електростанції, які працюють на вугіллі, особливо високозольному. Серед ТЕС найбільш «чистими» є станції, що використовують в своєму технологічному процесі природний газ. [2]

Дані про щорічні викиди ТЕС в Україні представлені в таблиці 2.1 [7]

Таблиця 2.1 - Дані про щорічні викиди ТЕС в Україні

| Назва викиду | Кількість, т/рік | Назва викиду | Кількість, т/рік |
|--------------------------------|------------------|--------------|------------------|
| Сірчистий ангідрид | 5765,7 | Окис вуглецю | 50,3 |
| Двоокис нітрогену | 4576 | Вуглеводні | 1,8 |
| Окис нітрогену | 743,5 | Формальдегід | 6 |
| Зважені частки (пил, аерозолі) | 148,3 | Важкі метали | 5 |
| Зола | 2205,7 | | |

2.2 Географічна характеристика Луганської ТЕС

Луганська теплова електростанція (колишня Ворошиловградська ДРЕС) - розташована у місті Щастя поблизу Луганська. Станція має в своєму активі шість діючих та два законсервовані енергоблоки, що вичерпали свої проектні ресурси.

Була однією з перших потужних станцій СРСР в системі «Донбасенерго».

Електростанція під'єднана до енергосистеми за допомогою однієї ЛЕП 220кВт, також десять ЛЕП 220кВт відключені. Ще одна ЛЕП 220кВт будується.

В 1990-х почався період зниження навантаження усіх енергоблоків через недостатнє фінансування на відновлення виробничих потужностей. Через низьку якість твердого палива, що поставлялося на підприємство, довелося знизити потужність блоків на 200 до 175 мВт.

В квітні 2002 Луганська ТЕС разом із Зуївською та Курахівською увійшла до складу підприємства «Техремпостачання», яке здало її в оренду ТОВ «Східенерго». Під час капітальної реконструкції 2004-2007 на станції було відремонтовано чотири енергоблоки, внаслідок чого були збільшені потужності кожного з них з 175 до 200 мВт. Луганська ТЕС стала першою електростанцією на території України та СНД, де було успішно проведено відновлення проектної потужності енергоблоків.

Протягом 2008–2010 років станція стабільно входила до трійки станцій-найбільших виробників електроенергії. У 2008 році станція була третьою, поступаючись Бурштинській та Криворізькій ТЕС, 2009 та 2010 роках станція займала друге місце, поступаючись першою сходинкою Бурштинській та Криворізькій станціям відповідно.

У 2008 енергоблоки № 9, 15 і 14 за коефіцієнтом використання встановленої потужності зайняли перше, друге та четверте місця відповідно серед 88 теплових енергоблоків України потужністю понад 150 мВт.

У 2009 станція за коефіцієнтом використання встановленої потужності поступалась лише Зуївській ТЕС, а у 2010 - була лідером з показником 64,2%.

Луганська ТЕС є лідером серед підприємств області за викидами шкідливих речовин в атмосферу. Частка викидів станції в атмосферу становить 97% викидів усіх підприємств Луганська та 25% викидів підприємств Луганської області. Причиною високого рівня викидів за словами керівництва станції є вік станції, використання палива низької якості та низький рівень сплати споживачів за електроенергію.

Протягом 2009- 2010 об'єм шкідливих викидів в атмосферу збільшився на 12,957 тис. тонн через зростання об'ємів виробництва. Проте було зменшено викиди сіркового ангідриду за рахунок використання якіснішого палива з меншим вмістом сірки.

В 2018 році Міністерство енергетики та захисту навколишнього середовища опублікували ТОП-20 об'єктів, які більше за інші викидають забруднюючі речовини в атмосферне повітря, згідно з цього списку Луганська ТЕС посіла 18-е місце (в 2018 році об'єм викидів забруднюючих речовин склав 26,244 тис.т.) [25]

2.3 Вплив забруднень базового об'єкта на атмосферу, літосферу, гідросферу

2.3.1 Забруднення атмосфери викидами промислових підприємств

До 2014 року по валовим обсягам промислових викидів забруднюючих речовин в атмосферу Луганська область посідала 3 місце в Україні після Донецької та Дніпропетровської областей. Щільність викидів на 1 км² перевищує майже в 5 разів середній показник по країні і становить 17,8 кг.

Загальна кількість викидів в атмосферне повітря від стаціонарних джерел забруднення підприємств та від автотранспорту по Луганській області становила 588,625 тис. тонн.

Протягом року стаціонарними джерелами підприємств у повітряний басейн області було викинуто в атмосферне повітря 474,593 тис. тонн забруднюючих речовин.

Обсяги викидів у розрахунку на душу населення в 2005 р. склали 195,7 кг. Перевищуються обласні показники по містах: Алчевськ – в 4,6 рази, Краснодон – в 3,4 рази, Лисичанськ – в 1,8 рази, Луганськ – в 1,2 рази.

Основним забруднювачем атмосфери залишається енергетична галузь – 36,3 % від валового обсягу викидів області. При видобутку та розподілі викопного палива викиди в атмосферу складають 32,3%, викиди від основних виробничих процесів підприємств металургійної та вугільної промисловості – 20,5%, технологічних процесів в машинобудуванні, промисловості з виробництва неорганічних хімічних речовин – 5,8%, нафтовій промисловості – близько 2%, житлово – комунального господарства – 0,2%, сільського та лісового господарства – 0,01%.

У порівнянні з показниками 2004 року обсяг промислових викидів в атмосферне повітря збільшився в цілому по області на 21,6 тис. т., або на 4,8 %.

Підвищення викидів становлять:

- метану – на 10,891 тис. тонн;
- сірчистого ангідриду – на 6,878 тис. тонн;
- азоту окис – на 3,583 тис. тонн;
- окису вуглецю – на 2,222 тис. тонн.

Визначальний вплив на стан повітряного басейну області справляли об'єкти, що зосереджені в містах Луганськ (118,8 тис. тонн або 25% від загальнообласних викидів), Алчевськ (104,8 тис. тонн або 22%), Краснодон (73,0 тис. тонн або 15%), Лисичанськ (45,1 тис. тонн або 10%), Стаханов (29,2 тис. тонн або 6%) та в районах області: Перевальський (14,3 тис. тонн або 3%), Краснодонський (13,9 тис. тонн або 3%), Лутугинський (8,2 тис. тонн або 2%).

Поряд з цим в 6 містах та 6 районах області відбулося зменшення обсягу викидів забруднюючих речовин в основному за рахунок зниження об'ємів виробництва.

На діючому газоочисному обладнанні підприємств уловлюється та знешкоджується майже 60% утворених забруднюючих речовин. Частка

оснащення газоочисними установками стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря в цілому по області становить 12,3%.

Кардинальних змін в технічному стані експлуатації установок очистки газу за період 2001-2005 років не відбулося. Поліпшення ситуації стримується технічною застарілістю очисного обладнання, його фізичним спрацюванням в результаті тривалої роботи без капремонтів і відсутністю достатніх коштів на новачії і поновлення експлуатаційних властивостей.

З метою поліпшення екологічного стану області розроблено локальні програми на 7 екологічно небезпечних об'єктах загальнодержавного значення: СО "Луганська ТЕС" ТОВ "Східенерго", ВАТ "Алчевський металургійний комбінат", ВАТ "Лисичанська сода", ЗАТ "Сєверодонецьке об'єднання "Азот", ВАТ "Об'єднання "Склопластик", ВАТ "Рубіжанський Краситель", в яких основними природоохоронними заходами є заходи по зменшенню викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Шкідливі викиди і природні речовини в атмосфері піддаються складним процесам перетворення, взаємодії, вимивання. Причому у атмосферу викидається дуже багато диму, який, змішуючись і взаємодіючи з повітрям, утворює велику кількість отруйних газів. Зола неспроможна довго перебувати в підвішеному стані - вона поступово опускається на поверхні Землі. У результаті щороку осідає дуже багато отруйних речовин на кожному квадратному кілометрі [9].

Оксид і діоксид нітрогену грають складну і важливу роль у фотохімічних процесах, що відбуваються в тропосфері і стратосфері під впливом сонячної радіації, що є причиною утворення високих концентрацій приземного озону і формальдегіду, а також фотохімічного смогу. Фотохімічний смог являє собою багатокомпонентну суміш газів і аерозольних частинок первинного і вторинного походження. До складу основних компонентів смогу входять озон, оксиди нітрогену і сірки, численні органічні сполуки перекисної природи, звані в сукупності фотооксидантами. Фотохімічний смог виникає в результаті фотохімічних реакцій за певних умов: наявності в атмосфері високої концентрації

оксидів нітрогену, вуглеводнів і інших забруднювачів, інтенсивної сонячної радіації і затишності або дуже слабкого обміну повітря в приземному шарі при потужній і протягом не менше доби підвищеної інверсії [10].

Також поява кислотних дощів може бути викликано підвищенням з отриманням у тропосфері оксидів NO_x , які утворюються при горінні.

Кислотний дощ - це усі види метеорологічних опадів: дощ, сніг, град, туман, дощ зі снігом, - кислотність яких вища від нормальної.

У районах, де погода суха кислотні елементи можуть перетворюватися на смог або пилові викиди, а потім випадати на землю у вигляді сухих пилових опадів, потрапляючи на поля, будівлі, житлові будинки, автомобілі, дерева. Сухі пилові відкладення, гази і частинки можуть бути змиті з поверхонь під час гроз, після чого вони разом з водою стікають на землю, при чому концентрація кислот в таких змивах стає набагато вище. Майже половина всіх кислотовиникаючих сполук випадає на землю у вигляді сухих частинок.

Оксиди нітрогену в атмосфері не тільки присутні у виді і NO_2 , але і перетворюються в азотну кислоту, нітрати й органічні нітросполуки, що абсорбуються крапельок води, можуть утворити аерозольні агломерати. Наявність в атмосфері інших газоподібних з'єднань, приводить до ще більш складного процесу забруднення атмосферного повітря в районах механізму взаємодії компонентів навколишнього середовища [5, 10].

Одним з найсильніших забруднювачів атмосфери є оксид вуглецю, який також потрапляє в атмосферу при виробництві оцтової кислоти. Діоксид вуглецю не перешкоджає проходженню сонячних променів до землі, але перешкоджає тепловому випаровуванню землі, створюючи, таким чином, парниковий ефект. Із збільшенням його концентрації в атмосфері кількість теплової енергії в приземних шарах атмосфери і на земній поверхні буде зростати. Створюється так званий «парниковий ефект» [10]. А він діє в атмосфері як скло в парнику - пропускає сонячну радіацію і не випускає назад теплове випромінювання. Атмосфера нагрівається, і через це може змінитися клімат.

Також джерелами утворення забруднюючих атмосферу речовин є: рідкі забруднюючі речовини, які утворюються при конденсації парів, розливі рідин, в результаті хімічних або фотохімічних реакцій. Конденсація пари відбувається в результаті охолодження їх оточуючим атмосферним повітрям. В залежності від точки плавлення сконденсовані пари при низьких температурах можуть переходити в тверді частинки.

2.3.2 Забрудненням гідросфери скидами стічних вод промислових підприємств

Забруднення поверхневих вод області обумовлено скидами стічних вод підприємств промисловості, комунально-побутової сфери та поверхневого стоку з селітебних територій. Крім того, забруднюючий вплив здійснюють води шахтного водовідливу. Обсяги скиду стічних вод від промислових підприємств досяг позначки 249,0 млн. м³, підприємств водопровідно-каналізаційного господарства 101,0 млн. м³, шахтного водовідливу 215 млн. м³. При цьому кількість забруднюючих речовин, що потрапляють до водних об'єктів становить близько 615 тис. т/рік.

Забруднення підземних вод області обумовлено фільтрацією з відстійників та накопичувачів промислових та побутових стоків промислових підприємств, підпором води водосховищ, затопленням гірничих виробок закритих шахт, експлуатацією водозаборів підземних вод централізованого водопостачання. Площа забруднення підземних вод Лисичано-Рубіжанського регіону, найбільш характерного регіону Луганської області, становить біля 50 км².

По території Луганської області протікає 88 малих річок, довжиною 2158,2 км, вісім з них паспортизовані.

Усі малі річки є типово рівнинними водотоками, протікають у широких терасаірованих долинах. В цілому режим річок характеризується нерівномірним розподілом стоку впродовж року – короткочасним весняним паводком і тривалим низьким рівнем в літньо-осінній період.

Природний режим річок значно змінився внаслідок наявності 72 водосховищ та 360 ставків та іншого антропогенного впливу.

Основним фактором негативного впливу на стан малих річок є господарська діяльність людини, а саме: забруднення стічними, шахтними, дренажними водами, стічними водами, які відводяться з забудованої території і сільгоспугідь, утвореними внаслідок випадання атмосферних опадів.

Найбільш значний антропогенний тягар несуть річки правобережжя р. С. Донець та річки басейну р. Міус. Із загального обсягу зворотних вод, які були скинуті у природні водні об'єкти у 2005 році – 381,4 млн. м³, у малі річки скинуто 225,5 млн.м³ зворотних вод (59%), з них 176,1 млн. м³ (78 %), віднесено до категорії забруднених. Найбільший обсяг забруднених зворотних вод скидається промисловими підприємствами (головним чином шахтами) та підприємствами водопровідно-каналізаційного господарства. Основні причини цього – недостатні потужності та технічна застарілість багатьох очисних споруд, скид до мережі міської каналізації виробничих стічних вод з високими концентраціями важких металів, нафтопродуктів, тощо.

З метою запобігання забрудненню та припинення скиду забруднених стічних вод у водні об'єкти, дотримання вимог чинного законодавства щодо охорони та відтворення водних об'єктів, особливо малих річок, а також відносно облаштованості прибережних захисних смуг та дотримання режиму господарської діяльності у них інспекторами Держуправління екоресурсів проводились перевірки суб'єктів господарювання та місцевих рад щодо приведення стану територій водоохоронних зон водних об'єктів у відповідність до вимог екологічного та санітарно-гігієнічного законодавства.

При загальній площі прибережних смуг 26,54 тис. га фактично залужено 2,71 тис. га і заліснено 1,38 тис. га або близько 10% від потреби. Винесено в натуру 1321,6 км прибережних захисних смуг при загальній їх довжині 6775 км. Кількість встановлених водоохоронних знаків, якими прибережні захисні смуги закріплюються в натурі, налічується одиницями. Заходи по їх встановленню

місцевими органами виконавчої влади не приймаються і кошти на виконання проектних робіт з місцевих бюджетів не виділяються.

До основних екологічних проблем області відноситься захист від забруднення підземних вод, в тому числі водозаборів централізованого постачання.

Проблемою збереження підземних вод від забруднень, є незахищеність їх від потрапляння забруднюючих речовин з поверхні землі. Високий ступень техногенного навантаження на геологічне середовище негативно впливає на якість питних підземних вод.

Головними джерелами забруднення підземних вод є промислові і селітебні агломерації, де сформувалися значні осередки забруднення за рахунок витоків із промислових каналізацій, відсутності надійної гідроізоляції скидних каналів і накопичувачів підприємств Рубіжано-Лисичанського і Луганського промислових районів, відбору підземних вод водозаборами, скидання забруднених промислових і господарсько - побутових стоків у поверхневі водні об'єкти.

Площа забруднення підземних вод в Лисичано-Рубіжанському регіоні в 1991-93 рр. складала біля 150 км². У зв'язку із значним скороченням виробництва на протязі тривалого часу, а також виконанням природоохоронних заходів по захисту підземних вод від забруднення у останні роки, поступово відбувалося зменшення загальної площі та інтенсивності забруднення підземних вод. На теперішній час загальна площа забруднення підземних вод Лисичано-Рубіжанського регіону складає: мінеральними солями – 31,5 км², фенолами – 29,4 км², амонієм – 20,3 км².

2.3.3 Забруднення літосфери викидами промислових підприємств

Ґрунт - унікальна природна система. Головною властивістю ґрунту є нерозривний зв'язок живих і неживих (відсталих) компонентів, які входять до нього. Їх штучне розділення унеможлиблює існування ґрунту і повністю руйнує її як систему. В. І. Вернадський вдало назвав ґрунт «біокосним тілом».

Металургійна та енергетична галузі займають друге місце за показниками утворення та накопичення відходів. У 2005 р. утворено шлаків доменного, сталеплавильного, феросплавного та ливарного виробництв 2037,669 тис.т, накопичено станом на 01.01.06 р. – 18270,975 тис.т., що склало на одного мешканця області за показником утворення – 0,75 т/чол., за показником накопичення станом на 01.01.06р. – 6,74т; утворено золи та золошлакових відходів теплових електростанцій 520,103 тис.т, накопичено станом на 01.01.06 р. – 8936,044 тис.т, що склало на одного мешканця області за показником утворення – 0,2 т/чол., за показником накопичення станом на 01.01.06 р. – 3,29 т/чол. У цих галузях також існує проблема мінімізації відходів, показники утворення та накопичення відходів на багато разів перевищують показники їх утилізації.

За даними статистичного спостереження використання чорних металовідходів у 2005р. становило 53,1%, кольорових 41,1%. На власне металургійне виробництво витрачено 99,6% брухту чорних металів та 86,3% кольорових металів, на інші виробничо-технічні цілі – відповідно 0,3% та 0,1%, решту металобрухту використано на ремонтно-експлуатаційні потреби.

Значно збільшилось використання шлаків сталеплавильного виробництва і склало 1,6 млн.т. Використання шлаків доменного виробництва порівнюючи з минулим 2004р. зросло майже вдвічі та склало 911,2 млн.т.

Використання золошлакових відходів теплових електростанцій та місцевих котелень склало 5,1 млн.т.

Незважаючи на те, що використання відходів у якості вторинних ресурсів поступово зростає, питання раціонального використання ресурсів та відходів виробництва, впровадження високоефективних та безвідходних технологій, які б забезпечували зменшення утворення та збільшення використання відходів, переробку та їх утилізацію, залишається актуальним у цих галузях виробництва.

До інтенсивного забруднення ґрунтів також призводять відходи виробництва. Тверді відходи, що розміщуються на землях, інтенсивно забруднюють ґрунти, а їх здатність до самоочищення, як відомо, обмежена.

Величезну шкоду для нормального функціонування ґрунтів представляють газодимові викиди промислових підприємств. Ґрунт має здатність накопичувати дуже небезпечні для здоров'я людини забруднюючі речовини.

При виробництві утворюється багато газоподібних відходів, димові гази, які також завдають шкоди ґрунтовому покриву.

Димові гази вносять у ґрунт сірчисту і сірчану кислоти, які з'єднуючись з основними елементами ґрунту, утворюють сульфати, в результаті чого скорочується запас поживних елементів і збільшується кислотність ґрунтових розчинів. Підвищені концентрації в ґрунтах у вигляді вільної кислоти і газу, а також зниження рН призводить до виснаження і поразці ґрунтових організмів, погіршення фізичних властивостей ґрунту.

Потрапляючи в атмосферу шкідливі речовини можуть переноситися на великі відстані. По дорозі вони осідають на поверхні ґрунту, поглинаються водною поверхнею і рослинністю, вимиваються опадами і, таким чином, впливають на всю природне середовище, промислові об'єкти і споруди на значній території.

З розглянутого матеріалу видно, що планована діяльність негативно впливає на ґрунт.

2.3.4 Вплив промислових відходів на рослинний і тваринний світ

Вплив забруднюючих речовин промислових викидів на тварин може бути як безпосереднім, так і непрямим. Зазвичай безпосередній вплив шкідливих речовин з атмосфери, що сприймаються організмом шляхом прямого контакту або при вдиханні, не призводить до серйозних пошкоджень, оскільки кількості поглинених забруднюючих речовин, незалежно від того, гази це чи пилові частинки, порівняно невелике. Набагато серйозніше вторинний, непрямий вплив, оскільки тварини при цьому отримують забруднюючі речовини з кормом. Забруднення, що накопичилися в рослинній їжі або при безпосередньому

поглинання з повітря, або потрапили туди через кореневу систему, надходять в травний тракт тварин в значно більших кількостях, ніж при прямому впливі [13].

Вплив пилових і газових викидів, а також речовин, що накопичилися в кормах і рослинах, створює більш серйозну ситуацію, якщо ці речовини розчиняються у воді або шлунковому соці. Шкідливі речовини можуть розноситися при цьому по організму в різні його частини, порушуючи їх функціонування або навіть завдаючи їм шкоди. Залежно від ступеня забруднення і особливостей забруднюючих речовин, що містяться в промислових викидах, у тварин спостерігаються силікоз, втрати середньої ваги, уповільнене дозрівання, зниження надоїв, зростання самовільних викиднів, що в сумі становить значні економічні втрати. При дуже високих концентраціях СО тварини несподівано падають і гинуть впродовж 1 хвилини і навіть без судом.

Як правило, вплив промислових викидів на ґрунт і його властивості вкрай негативно з позицій сільського господарства і лише випадково може проявитися позитивно. У цілому газоподібні викиди кислотного характеру, такі як оксиди нітрогену та гідрохлорид, є шкідливими, оскільки вони нейтралізують лужні компоненти в ґрунті і, отже, призводять до його закислення. За тривалий час кислотність ґрунту зростає до такої міри, що її доводиться нейтралізувати вапняком, щоб запобігти різке погіршення родючості. Деревя втрачають частину листя, стаючи беззахисними перед морозами хворобами. Коріння дерев так само можуть уповільнити свій розвиток, що позначиться на нестачі поживних речовин. Через хімічних реакцій ґрунту втрачуть деякі мікроелементи і стануть менш поживним. Збільшення рівня кислотності води і ґрунтів може стати проблемою для водних тварин і рослин. Кислотні дощі не часто пошкоджують дерева безпосередньо. Замість цього найбільш ймовірно в'янення дерев через пошкодження їх листя, закислення ґрунту і знищення поживних речовин у ній, витримуванні коренів в контакті з отруйними сполуками, які, потрапивши туди одного разу, дуже повільно звідти вимиваються. Дуже часто ушкодження або

смерть дерев є результатом синергетичного ефекту впливу наслідків кислотних дощів в сукупності з іншими причинами.

Можна зробити висновок, що викиди підприємства, що розглядається, дуже негативно впливає на тваринний і рослинний світ.

2.4 Токсикологічна характеристика відходів

Оксид вуглецю (чадний газ) CO. Є продуктом неповного згоряння вуглецю. Він утворюється в якості домішки скрізь, де відбувається горіння вуглецевмісних речовин (топка печей, експлуатація двигунів внутрішнього згоряння, горіння деревини, горіння полімерних матеріалів та ін.). Гранично допустима концентрація його в повітрі 0,03 мг/л. Токсична концентрація 0,23 мг/л. Гранично допустима концентрація в повітрі робочої зони 20 мг/м³. Клас небезпечності – 4.

Виразна клініка гострого ураження розвивається при утриманні чадного газу в повітрі більше 0,1 об.%. Перебування в атмосфері, що містить 0,01 об.% чадного газу (0,2 мг/л) при фізичному навантаженні допустима не більше 1 години.

Єдиний спосіб надходження газу в організм - інгаляційний. Оксид вуглецю при вдиханні зараженого повітря легко долає аерогематичний бар'єр і проникає в кров. Швидкість насичення крові оксидом вуглецю збільшується при фізичному навантаженні. Виділення оксиду вуглецю з організму відбувається в незміненому стані також через легені. Період напіввиведення становить 2-4 години.

Для людини монооксид вуглецю становить смертельну небезпеку. Його токсична дія пояснюється утворенням в клітинах крові карбоксигемоглобіну-продукту приєднання оксиду вуглецю (II) до гемоглобіну крові. Високий рівень вмісту карбоксигемоглобіну викликає кисневе голодування, недостатнє надходження кисню до головного мозку та інших тканин організму. При слабкій інтоксикації вміст його в крові низький, руйнування природним шляхом можливо протягом 4-6 годин. При високих концентраціях діють тільки медичні препарати.

Діоксид нітрогену (NO_x) має виражену подразнюючу дію на дихальні шляхи, що може призвести до тяжких випадків набряку легенів. Діоксид нітрогену має і загальнотоксичну дію. Гранично допустима концентрація (ГДК) діоксиду нітрогену в повітрі робочої зони - $2,0 \text{ мг/м}^3$. Клас небезпеки - 3.

Оксиди нітрогену відповідальні за виникнення смогу і кислотних дощів. Смог викликає труднощі дихання, кашель у дітей і сприяє розвитку хвороб органів дихання. Особливо страждають від смогу астматики і діти. Вони чинять негативний вплив і на рослинність, утворюючи на листових пластинах розчини азотної і азотистої кислот. Цією ж властивістю обумовлено вплив оксидів нітрогену на будівельні матеріали та металеві конструкції. Крім того, вони беруть участь у фотохімічній реакції утворення смогу.

Оксид нітрогену, що утворюється головним чином природним шляхом, нешкідливий для людини. Вдихання невеликих кількостей NO призводить до притуплення больової чутливості, внаслідок чого цей газ іноді в суміші з киснем застосовують для наркозу. У малих кількостях NO викликає почуття сп'яніння (звідси назва «звеселяючий газ»). Вдихання чистого NO швидко викликає наркотичний стан і задуха. Оксид нітрогену NO та діоксид нітрогену N_2O в атмосфері зустрічаються разом, тому найчастіше оцінюють їх спільний вплив на організм людини. Тільки поблизу від джерела викидів відзначається висока концентрація NO . При згорянні палива в автомобілях і в теплових електростанціях приблизно 90% оксидів нітрогену утворюється у формі монооксиду нітрогену. Решта 10% припадають на діоксид нітрогену. Однак в ході хімічних реакцій значна частина NO перетворюється в N_2O -набагато більш небезпечне з'єднання. Монооксид нітрогену не дратує дихальні шляхи, і тому людина може його не відчувати. При вдиханні NO зв'язується з гемоглобіном. При цьому утворюється нестійке нітрозоз'єднання, яке швидко переходить в метгемоглобін, при цьому Fe^{2+} переходить в Fe^{3+} . Іон Fe^{3+} не може оборотно зв'язувати O_2 і таким чином виходить з процесу переносу кисню. Концентрація метгемоглобіну в крові 60 –

70% вважається летальною. Але таке граничне значення може виникнути тільки в закритих приміщеннях, а на відкритому повітрі це неможливо. [2]

Оксиди нітрогену можуть впливати на рослини трьома шляхами:

- 1) прямим контактом з рослинами;
- 2) через утворення в повітрі кислотних опадів;
- 3) побічно – шляхом фотохімічного утворення таких окислювачів, як озон і ПАР (поверхнево-активні речовини).

Сірчистий ангідрид (SO_2) - надходить в організм різними шляхами: через рот, дихальні шляхи, шкіру, слизові оболонки, плаценту та ін. Клас небезпеки-3. Гранично допустима концентрація сірчистого ангідриду в повітрі не повинна перевищувати 0,01 мг/л. Гранично допустима концентрація сірчистого ангідриду в повітрі робочої зони не повинна перевищувати 10 мг/м³.

Подразнює дихальні шляхи, викликаючи спазм бронхів і збільшення опору дихальних шляхів. При впливі SO_2 у вигляді аерозолу, що утворюється при туманах і підвищеній вологості повітря, подразнюючий ефект сильніше. При несприятливих метеорологічних умовах може викликати масове отруєння населення.

Волога поверхня слизових поглинає SO_2 , потім послідовно утворюються H_2SO_3 і H_2SO_4 . Загальна дія полягає в порушенні вуглеводного і білкового обміну; пригнічення окисних процесів у головному мозку, печінці, селезінці, м'язах; гальмуванні окисного дезамінування амінокислот і окислення піровиноградної кислоти; зниженні вмісту вітамінів В1 і С і т. д. подразнює кровотворні органи. Сприяє утворенню метгемоглобіну; збільшує виділення з сечею копропорфірину і бісульфітсвязаних сполук; викликає зміни в ендокринних органах, кісткової тканини; порушує генеративну функцію. Викликає ембріотоксичну дію. Можливо, що істотну роль у зазначених зрушеннях грає ацидоз (оскільки SO_2 , що циркулює в крові, розчиняється в плазмі і перетворюється в H_2SO_3). Токсичність різко зростає при одночасному впливі SO_2 і CO. [1]

3. Нормування якості навколишнього середовища

3.1 Загальні принципи нормування

По чинному екологічному законодавству нормативи якості навколишнього середовища встановлюються у формі нормативів гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин, а також шкідливих мікроорганізмів та інших біологічних речовин, що забруднюють навколишнє середовище, та нормативів гранично допустимих рівнів шкідливих фізичних впливів на неї.

Нормативи якості навколишнього середовища виконують ряд функцій. Вони насамперед встановлюють граничні величини шкідливих хімічних, фізичних та біологічних впливів на природне середовище. До наприклад, гранично допустима концентрація двоокису азоту (NO_2) (максимальна разова та середньодобова) в атмосферному повітрі не повинна перевищувати 0,085 мг/куб.м; свинцю і його сполук - 0,0007 мг/куб.м; сірчистого ангідриду - 0,5 (максимальна разова) і 0,05 (середньодобова) мг/куб.м; соляної кислоти - 0,2 мг/куб.м.

Такі нормативи служать також для оцінки стану атмосферного повітря, вод, ґрунтів за хімічним, фізичним і біологічним характеристикам. Встановлені у відповідності з вимогами законодавства нормативи якості навколишнього середовища є одним з юридичних критеріїв для визначення її сприятливого стану. На практиці це важливо мати на увазі у разі потреби, наприклад, захисту права громадян на сприятливе навколишнє середовище. Стан вод, ґрунтів, атмосферного повітря, відповідне нормативам якості, тобто сприятливий, свідчить або про відсутність антропогенного навантаження на природу, або про високої ефективності дії механізму охорони навколишнього середовища і навпаки.

Нормативи якості навколишнього середовища враховуються також при оцінці впливу планованої господарської діяльності, реалізація якої буде пов'язана з негативним впливом на природу, при розвитку міст та інших населених пунктів. Дотримання цих нормативів та інших екологічних вимог, коли розробляються

природоохоронні заходи при проектуванні підприємств та інших об'єктів, може розглядатися як критерій екологічної обґрунтованості відповідних проектних рішень.

Розглянуті нормативи якості утворюють основу для регулювання охорони навколишнього середовища від хімічних, фізичних і біологічних впливів на природне середовище окремими джерелами - підприємствами, транспортними засобами тощо

При встановленні цих нормативів та з економічної та екологічної точок зору важливо виходити з їх наукової обґрунтованості. Дотримання завищених навіть на мізерні частки нормативів обертається для держави величезними фінансовими і матеріальними витратами. У той же час заниження їх пов'язане з ризиком заподіяння шкоди здоров'ю людей і навколишньому середовищу.

Тому в законодавстві визначені юридичні критерії, з урахуванням і на основі яких встановлюються нормативи якості навколишнього середовища. Під критеріями у даному разі розуміються ті суспільні інтереси, які враховуються при розробці нормативів. Вони виражені, наприклад, у ст. 26 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», згідно з якою нормативи гранично допустимих концентрацій шкідливих речовин встановлюються в інтересах охорони здоров'я людини, збереження генетичного фонду, охорони рослинного і тваринного світу. Це означає, що нормативи ГДК відповідних шкідливих речовин повинні бути визначені на рівні, що виключає заподіяння шкоди здоров'ю людини, рослинному і тваринному світу. Державні природоохоронні органи, відповідальні за розробку і затвердження цих нормативів, повинні виконувати дане правило.

3.2 Нормування якості атмосфери

Повітряна оболонка - атмосфера, що оточує нашу планету, є тим середовищем, без якої життя не можлива. Нормальний хімічний склад

атмосферного повітря наступний: азот - 78,08%; кисень - 20,95%; вуглекислий газ - 0,03%, аргон, гелій, неон, криптон, ксенон, радон, озон, водень - 0,94% .
Забруднюючі речовини - це всі тверді, рідкі або газоподібні речовини, що змінюють природний склад атмосфери і несприятливо впливають на живі організми.

Гігієнічна наука визначила умови, за яких промислові викиди в атмосферу не можуть заподіяти шкоди здоров'ю людини. Концентрація шкідливих речовин в атмосфері, яка при щоденному впливі протягом необмеженого часу не може викликати у людини будь-яких ненормальних змін або захворювань, що виявляються сучасними засобами дослідження, називається гранично допустимою концентрацією шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених пунктів, скорочено ГДК. Її прийнято виражати в міліграмах на один кубічний метр.

Екологічне нормування один з найважливіших заходів з охорони навколишнього середовища. Дозволяє вирішувати питання допустимого навантаження на екосистеми, встановити межі впливу людини на середовище існування в процесі виробництва.

Критеріями якості повітря, використовуваними при розрахунку, є ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. Якщо на підприємстві в одному регіоні величини ГДВ з об'єктивних причин не можуть бути досягнуті, то можна поетапно знижувати викиди до величин ГДК шляхом тимчасово узгодженого викиду (ТУВ).

При розробці заходів щодо скорочення викидів в процесі проектування, будівництва, реконструкції промислового підприємства не рекомендується передбачати викиди забруднюючих речовин через велике число низьких труб, вентиляційних шахт, дефлекторів, аераційних ліхтарів.

Викиди повинні централізуватися в менше число труб, висота яких не повинна бути більше, ніж прилеглі будівлі в 2,5 рази в радіусі 4 - 5 висот. Збільшення висоти труб для розсіювання речовин до ГДК у приземному шарі

атмосфери допускається лише після використання всіх доступних технічних засобів щодо скорочення викидів на сучасному рівні.

При використанні труб з висотою понад 250 м на енергетичних установках і більше 200 м на інших підприємствах потрібне узгодження з органами оргкомгідромета. За наявності техніко-економічного обґрунтування необхідності такої споруди ГДВ і ТУВ встановлюються для кожного джерела окремо. Для неорганізованих викидів, в т.ч. і вентиляційних, з одного виробничого приміщення або на відкритому повітрі невеликих установок приймається сумарне, для сукупності джерел, значення ГДВ або ТУВ. Поряд з встановленими ГДВ і ТУВ для одиночних джерел, в результаті підсумовування встановлюється їх значення для підприємства, промислових об'єктів і комплексів в цілому. У зв'язку з цим враховуються фонові концентрації, тобто концентрації, фактично створювані іншими джерелами даного та інших підприємств району.

Основним критерієм встановлення ГДВ є ГДК речовин в атмосферному повітрі. При цьому необхідно дотримуватися співвідношення (3.1):

$$C/\text{ПДК} \leq 1 \quad (3.1)$$

Де, С - розрахункова концентрація домішки в приземному шарі атмосфери від усієї сукупності джерел.

При наявності в атмосфері і домішок, для яких встановлено необхідність обліку суміщеної їх дії в якості критерію при встановленому ГДВ використовуються вимоги виконання співвідношення (3.2):

$$(C_1/\text{ПДК}_1) + (C_2/\text{ПДК}_2) + \dots + (C_i/\text{ПДК}_i) \leq 1 \quad (3.2)$$

На територіях санітарних зон і курортів, у місцях санаторіїв і будинків відпочинку, в зонах відпочинку міст 1 замінюється на 0,8.

Екологічні критерії якості атмосферного повітря при встановленому ГДВ застосовуються після їх затвердження і в тих випадках, коли вони є більш жорсткими, ніж ГДК забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць. [13]

3.3 Нормування антропогенного навантаження

3.3.1 Принципи розрахунку ГДВ

Нормування викидів забруднюючих речовин у навколишнє середовище виконується шляхом встановлення гранично допустимих викидів цих речовин в атмосферу (ГДВ) [8].

Величина ГДВ для викиду нагрітої газоповітряної суміші з одиночного джерела із круглим устям або групи таких близько розташованих однакових джерел у випадку, коли фонові концентрації розглянутої домішки встановлена незалежно від швидкості й напрямку вітру, і постійної на території міста, розраховується за формулою:

$$ГДВ = \frac{(ГДК - C_{\phi}) * H^2 * \sqrt[3]{V_1 * \Delta T}}{A * F * m * n * \eta}, \quad (3.3)$$

де ГДК – гранично допустима концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць, мг/м³;

C_{ϕ} – фонові концентрації домішки, визначена розрахунковим шляхом і незалежна від швидкості і напрямку вітру мг/м³;

A – коефіцієнт, що залежить від температури стратифікації атмосфери і визначальних умов горизонтального і вертикального розсіювання атмосферних домішок. На території України $A = 160$;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання забруднюючих речовин в атмосфері. Для газоподібних речовин і дрібнодисперсних аерозолів, швидкість упорядкованого осідання яких не більше 3-5 м/с, $F=1$. Для більше дрібнодисперсних пилу і золи при середньому експлуатаційному коефіцієнті очищення не менш 90%, $F = 2$. При експлуатаційному коефіцієнті очищення від 75% до 90%, $F = 2,5$, а менш 75% або при його відсутності, $F=3$.

H – висота джерела викиду, м;

ΔT – різниця між температурою газу й температурою повітря;

η – коефіцієнт, що враховує вплив рельєфу на розсіювання домішок;

V_1 – об'єм газоповітряної суміші ($\text{м}^3/\text{с}$), визначається за формулою [8]:

$$V_1 = \frac{\pi * D^2}{4} * \omega_0 \quad (3.4)$$

де D - діаметр устя джерела викидів, м;

ω_0 – середня швидкість виходу суміші із джерела, м/с.

Величини m та f розраховуються за формулами [8]:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 * \sqrt{f} + 0,34 * \sqrt[3]{f}} \quad (3.5)$$

$$\text{та } f = 10^3 * \frac{\omega_0^2 * D}{H^2 * \Delta T} \quad (3.6)$$

При $V_m < 0,3$, $n = 3$, при $V_m > 2$, $n = 1$, а при $0,3 < V_m \leq 2$ n визначається за формулою [8]:

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3) * (4,36 - V_m)} \quad (3.7)$$

Максимальну приземну концентрацію забруднюючої речовини розраховують за формулою [8]:

$$C_m = \frac{A * \Gamma ДВ * F * m * n}{H^2 * \sqrt[3]{V_1} * \Delta T} \quad (3.8)$$

3.3.2 Розрахунок ГДВ

Вихідні дані: $A=160$; $F=3$; $H=33$; $\eta=1$; $n=1$; $\Delta T=320-25=295^\circ\text{C}$; $\omega_0=3,04$ м/с.

Діоксид азоту (NO_2):

$$V = \frac{3,14 * 1,27^2}{4} * 3,04 = 3,85 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 * \sqrt{1,21} + 0,34 * \sqrt[3]{1,21}} = 0,876$$

$$f = 10^3 * \frac{3,04^2 * 1,27}{33 * 295} = 1,21$$

$$\Gamma ДВ = \frac{(0,085 - 0) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 0,876 \text{ г/с}$$

$$C_m = \frac{160 * 0,876 * 3 * 0,876 * 1}{33^2 \sqrt[3]{3,85 * 295}} = 0,0324 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m < \text{ГДК}$$

Оксид вуглецю CO:

$$\text{ГДВ} = \frac{(5,0 - 0) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 135,1 \text{ г/с}$$

$$C_m = \frac{160 * 135,1 * 3 * 0,876 * 1}{33^2 \sqrt[3]{3,85 * 295}} = 5 \text{ мг/м}^3$$

$$C_m = \text{ГДК}$$

Висновок: максимальна приземна концентрація шкідливих речовин не перевищує у всіх випадках гранично допустиму концентрацію. Установа не потребує додаткових засобів очищення.

Сажа:

розрахуємо ГДВ_{саж}.

$$\text{ГДК}_{\text{мр,саж}} = 0,15 \text{ мг/м}^3.$$

$$\text{ГДВ}_{\text{саж}} = \frac{(0,15 - 0,01) * 33^2 * \sqrt[3]{3,85 * 295}}{160 * 3 * 0,876 * 1 * 1} = 0,78 \text{ г/с}$$

Фактичний викид сажі $m_{\text{саж}}$ складає:

$$m_{\text{саж}} = \frac{200 * 5,3}{1000} = 1,06 \text{ г/с}$$

Висновок: так, як фактичний викид вердих домішок більше гранично допустимого, необхідно замінити технологію спалювання сажі – на діючому виробництві, пропонується – окислення в розплаві високотемпературного теплоносія.

4 Аналітичний огляд

У світовому масштабі більше 80% теплової та електричної енергії отримують шляхом спалювання органічного палива і перетворення його хімічної енергії в теплову і електричну. При цьому більше 80% всіх видів забруднень біосфери обумовлені власне енергетичними процесами. В результаті інтенсивного використання невідновлюваних копалин енергоресурсів їх кількість значно зменшилася. У структурі використання викопних енергоресурсів близько 45% становить нафта, 18% – природний газ, 37% – вугілля.

Світове споживання палива ілюструється даними табл. 4.1. Структура використання викопного палива в ряді країн приведена в табл. 4.2, в табл. 4.3 – дані про використання органічного палива на підприємствах промислової енергетики України.

Таблиця 4.1 – Світове споживання палива

| Показник / роки | 1900 | 1950 | 1975 | 1990 | 2000 |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| Сумарне енергоспоживання, млн. т.у.п. | 0,95 | 2,86 | 8,6 | 17,0 | 30,0 |
| Населення Землі, млрд. чол. | 1,62 | 2,5 | 3,8 | 4,6 | 6,0 |
| Енерговитрати, т.у.п./чол.·рік | 0,59 | 1,16 | 2,32 | 3,7 | 5,0 |

Таблиця 4.2 – Порівняльна структура використання різних видів палива

| Країна | Розподіл видів паливних ресурсів, % | | | | | |
|----------------|-------------------------------------|-------|-----|--------|-----------|-----------------|
| | Тверде | Нафта | Газ | Ядерне | Інші види | Всього Мт н.е.* |
| Великобританія | 23 | 34 | 32 | 10 | 1 | 219,3 |
| Фінляндія | 36 | 27 | 10 | 18 | 9 | 30,8 |
| Україна | 32 | 16 | 41 | 11 | 0 | 106,5 |

* Мт н.е. - мегатонна (10^6 т) нафтового еквівалента, 1 т н.е. – 41,86 ГДж.

Таблиця 4.3 – Використання палива в промисловій енергетиці України

| Вид палива | ПЕК | Мала енергетика | Всього |
|--|--------|-----------------|---------|
| Нафта і нафтопродукти, млн. т/млн.т.у.п. | 41/56 | 22/34 | 66/90 |
| Вугілля, млн. т/млн.т.у.п. | 128/90 | 77/34 | 206/124 |

Розрізняють повне і неповне згоряння палива в тепловому агрегаті. При повному згорянні вся його хімічна енергія перетворюється на теплову, в

продуктах згорання крім азоту і надлишку/нестачі кисню присутні оксиди горючих елементів вищого порядку – CO₂, H₂O, SO₂. В процесі неповного згорання крім теоретичних продуктів згорання виникають продукти недопалу – CO, H₂, CH₄, C_xH_y.

У табл. 4.4 і 4.5 наведені основні характеристики палива, що видобувається в Україні і її енергоресурси.

Таблиця 4.4 – Характеристики палива, що видобувається в Україні

| Вид палива | Основні характеристики | | | | |
|-----------------|------------------------|----------------|-----------|--------------|--------------------------|
| | Леткі, % | Вміст сірки, % | Волога, % | Зольність, % | Теплота згорання, МДж/кг |
| Торф | 70 | 0,1-0,2 | 30-50 | 5-23 | 10,5-14,6 |
| Буре вугілля | 40 | 0-8 | 30-40 | 15-30 | 10-17 |
| Кам'яне вугілля | 9-50 | 0-8 | 5-17 | 18-30 | 24-29 |
| Антрацити | 2-9 | 0-8 | 5-10 | 5 | 26 |
| Напівантрацит | 5-9 | 0-8 | 5 | 5 | 28-30 |

Таблиця 4.5 – Енергоресурси України

| Види палива | Обсяги | | Частка власного забезпечення, % |
|---------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| | Використання | Виробництва | |
| Природний газ | 112 млрд. м ³ | 22 млрд. м ³ | 20 |
| Нафта | 32 млн. т | 4,2 млн. т | 13 |
| Вугілля | 100 млн. т | 80 млн. т | 80 |
| Ядерне паливо | ТВЕЛі імпорт | | 0 |

Традиційні способи отримання теплової та електричної енергії на ТЕС пов'язані з забрудненням НПС оксидами азоту, вуглецю і сірки, пилоподібними частинками незгорілого палива, твердими і рідкими канцерогенними вуглеводнями, сполуками важких металів.

Одним з перспективних методів підвищення енерговіддачі твердого органічного палива є його конверсія. Методи конверсії вугілля засновані на його термохімічній переробці, в результаті якої отримують синтетичне рідке та газове паливо. Синтетичне рідке паливо характеризується високим воднево-вуглецевим співвідношенням (більше 1,5), в той час, як для вугілля воно не перевищує 1,0.

ТЕЦ, що працюють на газоподібному паливі забруднюють повітряний і водний басейн газоподібними викидами (оксиди азоту, сірки, вуглецю) і виділенням надлишкового тепла.

Енергетика України включає промислові ТЕС і котельні, всі установки комунальної енергетики, районні котельні, промислові печі, побутові установки різної потужності, автономні теплоцентралі. Для них характерний низький рівень еколого-економічних і технічних показників. При цьому мала енергетика споживає більше 60% всього видобутого України палива. Обсяги використання видів газоподібного, рідкого і твердого палива (в перерахунку на у.п.) складають, відповідно, %: 49, 20 і 31.

Особливістю забруднення ландшафтів України є консервація забруднювачів у верхній частині ландшафту – ґрунто-рослинному покриві. Промислові центри України розташовуються в межах переважно рівнинних ландшафтів, і при низькій енергії рельєфу характерно їх локальне забруднення (рр. Кривий Ріг, Дніпроп, Нікополь, Запоріжжя, Донецьк, Макіївка та ін.).

Відходи електростанцій, що працюють на твердому паливі.

В процесі роботи твердопаливних електростанцій утворюються величезні кількості золошлакових відходів (ЗШВ) і викидів пилу в атмосферу.

Частка теплових електростанцій (ТЕС) в енергетичному комплексі України становить 67,5%. Характерні особливості впливу підприємств електроенергетики на екологію – багатofакторність (одночасний вплив на атмосферу, гідросферу, біосферу), різноманітність характеру: відчуження територій, спотворення ландшафту, фізичні проблеми, хімічне забруднення, теплові, акустичні та інші фізичні впливи [1, 2, 11].

В Євросоюзі в 2001 році було вироблено і утилізовано понад 60 млн. золи від спалювання вугілля (рис. 4.1). Показники утилізації золи вугільних електростанцій в ЄС (всього 18,7 млн. т) наведені на рис. 4.2. Золошлаки, що утворюються при спалюванні вугілля на ТЕС, є великотоннажними відходами. Для їх транспортування застосовують системи гідрозоловидалення. В основному

золошлаки транспортують у вигляді пульпи низькою концентрації для розміщення в гідрозолоотвалах, які є одним з головних джерел забруднення НПС при виробництві енергії.

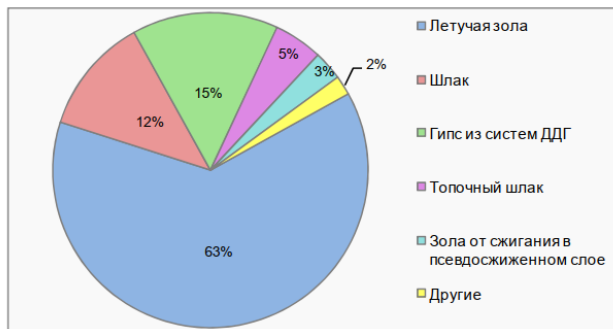


Рисунок 4.1 – Виробництво і утилізація продуктів спалювання вугілля в ЄС

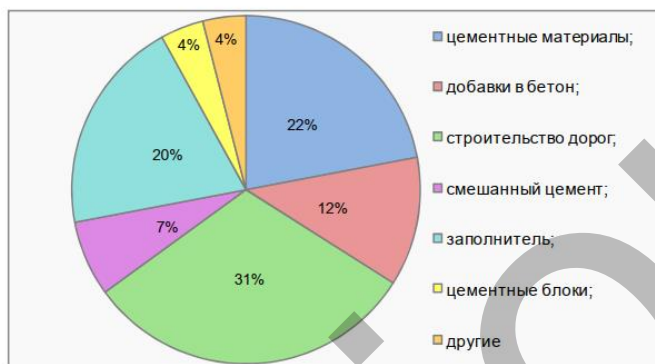


Рисунок 4.2 – Показники утилізації золи вугільних електростанцій в ЄС

До теперішнього часу в відвалах ТЕС України накопичено 358,8 млн. т ЗШВ на площі 3170 га. Середньорічний вихід шлаків досяг 14 млн. т і в зв'язку з погіршенням якості палива має тенденцію до зростання. Це створює технологічні та екологічні проблеми, тому що збільшуються виробничі витрати і вартість природоохоронних заходів.

Вугілля, що видобувається в Україні є основним енергоносієм і сировиною для коксохімічної промисловості та енергетики. Виникаючі при використанні вітчизняного вугілля проблеми визначаються високим вмістом сірки (3-4% і більше) і зольністю енергетичного вугілля до 40-60%, що дають основну масу викидів ТЕС (67-77%) і коксохімзаводів (більше 50%), а також домішками

токсичних елементів: Hg, As, Pb і ін., чим обумовлена критична екологічна ситуація промислових центрів України.

Традиційний шлях зниження викидів сірчистих сполук ТЕС – очищення хімічними і каталітичними методами не оптимальний з економічної і з екологічної точок зору. Більш ефективним є використання очищеного від сірки вугільного палива. Тому розробка технологій і обладнання для попередньої десульфурізації і збагачення коксуемого і енергетичного вугілля є в даний час основною проблемою для Донбасу і в цілому для України.

У наукових лабораторіях США, Англії, Японії, Китаю, Чехії, та України наявні кріомагнітні установки для дослідження процесів магнітної сепарації і збагачення вуглепродуктів, на яких показано, що магнітна сепарація в сильних магнітних полях 3-5 Тл і більше, створюваних високопровідниковими магнітами –ефективний (і екологічно чистий) спосіб вилучення слабомагнітних і дрібнодисперсних включень (пірит, марказіт, сульфати, пірротін і ін.).

Для того, щоб кріомагнітні сепаратори гармонійно вписувалися в існуючі технологічні процеси без істотних додаткових капітальних витрат необхідно розробляти сепаратори двох різновидів – для «мокрого» і «сухого» попереднього очищення вугілля.

Використання кріомагнітних сепараторів «сухого» очищення вугілля дозволить:

- підвищити рентабельність і економічні показники ТЕС за рахунок використання очищеного вугільного палива і доведення його до паспортних показників по зольності 20-22%, утримання неорганічної сірки менше 1,0% і теплоті згоряння до 25-30 МДж/кг;
- підвищити надійність, безпеку і термін експлуатації котлоагрегатів ТЕС за рахунок зниження корозійного навантаження на поверхні нагрівання котлів шляхом зниження вмісту S в вугіллі на 50-70%;
- зменшити кількість дорогого імпортного мазуту і газу для підсвічування факелів котлоагрегатів ТЕС;

- розробити технологію комплексного використання палива з повною утилізацією GJ магнітного очищення і згоряння. Попереднє очищення вугілля до спалювання одночасно вирішує проблеми надійності обладнання ТЕС, в першу чергу котлів, економіки та екології.

Західні країни, де дуже розвинений промисловий симбіоз, використовують близько 70% утворюваних ЗШВ. У Польщі різко підвищена ціна на землю під золовідвали, тому ТЕС доплачують споживачам золи для зниження витрат на її зберігання. У Великобританії і Німеччині діють спеціалізовані фабрики по збуту золи і шлаків.

Хімічний і мінералогічний склад ЗШВ такий, що їх правильніше вважати збагаченою сировиною для різних галузей промисловості. Золошлаки, в основному, екологічно безпечні, володіють консервуючими властивостями, що дозволяє використовувати їх для поховання та утилізації інших відходів, в тому числі небезпечних

На рис. 4.3 наведені дані про утилізацію золи енергетичного вугілля в Китаї (по галузях). Всього у 2002 р в Китаї вироблено 150 млн. т золи, з них утилізовано 66%. Продукція на основі золошлаків може стати джерелом інвестицій на технічне переозброєння ТЕС і покриття екологічних платежів на утримання золовідвалів. ЗШВ можна використовувати як добавки і наповнювачі при виробництві широкого спектру будівельних матеріалів: цементу, бетонів, розчинів, цегли, кераміки і т.д. [3].

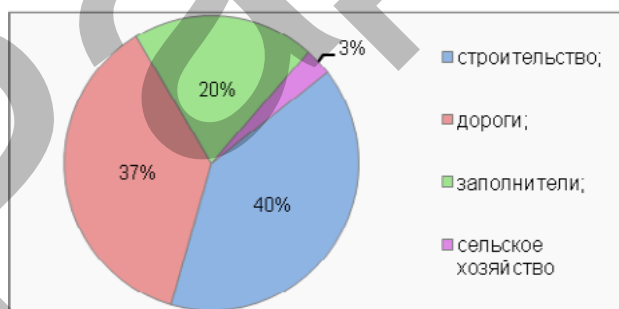


Рисунок 4.3 – Утилізація золи енергетичного вугілля в Китаї

Вони добре зарекомендували себе при укладанні в земляне полотно автодоріг і в ін. виробництвах. На основі ЗШВ виробляють бесклінкерні і малоклінкерні в'язучі, шлаковий пісок, щебінь, сухі будівельні суміші.

Незважаючи на очевидні вигоди і перспективи широкого застосування ЗШВ, обсяг їх використання в нашій країні не перевищує 10%. Утилізація золошлаків вимагає вирішення комплексу питань – від розробки технічних умов на їх застосування, технологічних ліній з переробки, транспортних і вантажно-розвантажувальних засобів, до перебудови психології господарників щодо вторинних мінеральних ресурсів.

Склад шлаків і золи визначається складом мінеральної частини палива і способом його спалювання. З існуючих промислових відходів Донбасу найбільш реальними джерелами нетрадиційного мінеральної сировини є золи вугілля і відвали збагачувальних фабрик.

Статистичні дані про роботу ТЕС свідчать, що на 1 кВт встановленої потужності щорічно утворюється в середньому 500 кг ЗШВ. В районі Зміївської ГРЕС (Україна) створений золошлаковідвал, площею понад 350 га, де накопичено понад 27,7 млн. т дрібнозернистих ЗШВ з розмірами частинок 60-200 мкм. У золі встановлена присутність ^{40}K , ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{137}Cs . При цьому рівень радіоактивності за даними ІПМаш НАНУ і ХНУ ім. Каразіна був в 4-5 разів нижче ГДК цих елементів для ґрунту. У золі вміст ряду елементів склав, % мас.: Fe – 12; Ca – 1,2; K – 1,8; Cu, Zn, Sr, Zr – в діапазоні 0,068-0,013. Відзначене деяке перевищення ГДК по свинцю для ґрунтів.

Необхідною вимогою створення екологічно чистої ТЕС на твердому паливі є, зокрема, утилізація ЗШВ. На цей час є значний досвід утилізації золошлакових відходів ТЕС, що підтверджує високу ефективність, їх використання в економічному та екологічному відношенні.

Однак в даний час частка використовуваних відходів дуже мала – всього 10% загального виходу, з них близько 70% знаходять застосування в будівництві та 30% – в сільському господарстві. Одним із шляхів вирішення екологічних

проблем утилізації золи-винесення та отримання вторинного енергоносія – водню – є плазмохімічні технології конверсії, які забезпечують досягнення значної енергетичної ефективності процесу.

При плазмохімічних методах конверсії витрати енергії на проведення процесу зводяться до покриття ентальпії реакції з коефіцієнтом корисного використання енергії близько 80%. При цьому витрати високоорганізованої і, як наслідок, найбільш дорогої електричної енергії складають від 10 до 40%, решту вкладу енергії забезпечується за рахунок хімічної енергії вуглецю, що міститься у вихідних матеріалах. Отриманий синтез-газ в результаті плазмохімічної обробки золи-винесення може бути використаний на ТЕС для стабілізації горіння високозольного вугілля замість природного газу.

Проведені дослідження радіоактивності золошлаків показали, що цей матеріал безпечний і може бути використаний для всіх видів будівництва. ЗШВ придатні для приготування бетонів, в цементному виробництві, при виробництві керамічної цегли. Перед вживанням ЗШВ в дорожньому будівництві або для рекультивації порушених земель їх необхідно очистити від солей миш'яку, щоб запобігти потраплянню з'єднань даного токсичного елемента в підземні води.

Основною перешкодою у використанні ЗШВ в сільському господарстві в якості мікродобрива є їх потенційна радіоактивність і високий вміст забруднюючих домішок.

При зберіганні в золовідвалах і використанні золи і шлаків в сільському господарстві можлива їх небезпека повинна враховуватися за такими показниками: радіаційному, міграційному, загальносанітарному, транслокаційному і токсикологічному:

- міграційний показник визначається за концентрацією токсичних компонентів в кислотних, ацетатамонійних і водних витяжках;
- загальносанітарний показник шкідливості визначається зі зміни мікробіоцинозу ґрунту під впливом ЗШВ, що супроводжується погіршенням процесу її самоочищення;

- транслокаційний показник простежує ланцюжок «грунт-рослина-їжа» і визначається по накопиченню і кількісному переходу мікроелементів з однієї ланки ланцюжка в інший;

- токсикологічний показник визначається ступенем шкідливого впливу мікроелемента на організм.

Дослідження показують, що застосування золошлаків в сільському господарстві покращує агрофізичні властивості ґрунту, поповнює її мікро-і макроелементний склад, покращує пористість, нейтралізує кислотність але деякі мікроелементи і важкі метали здатні акумулюватися в рослинах і впливати на якість с/г продукції та призводити до небезпеки перевищення в ґрунті ГДК.

Для виробництва зольного гравію можна використовувати золу ТЕС, яка містить не більше 10% незгорілого палива, оксидів Ca і Mg – не менше 8%, а Fe_2O_3 – не менше 7%. Підготовка золи до використання включає при цьому її сушку і прогартовування, помел в кульових або вібраційних млинах спільно з коригуючими добавками тугоплавкої глини або легкоплавкими солями (для тугоплавкої золи). Потім здійснюють грануляцію шихти на тарілчастих грануляторах, їх сушку і випалення в барабанних печах при $T = 1200-1300^{\circ}C$, охолодження і розсіювання по фракціям.

Особливо перспективним є використання золошлакових відходів ТЕС у виробництві пористого бетону, спорудженні доріг, підлог промислових будівель, зміцненні ґрунтових підстав і цементації підстав гребель, виробництві низькомарочних в'язучих, наповнювачів у важких і легких бетонах, отриманні шлакової пемзи. Використання золи ТЕС у виробництві пористих бетонів знижує масу стінових панелей в 2-4 рази.

В даний час більш 2 млн.т/рік золи ТЕС використовують у світовій практиці для виробництва пористих бетонів. Заміна піску золою ТЕС прискорює їх твердіння. У ФРН 80% промислових будівель споруджено з використанням золи ТЕС. У Польщі за останні роки використання її в будівництві зростає в 17 разів.

Розроблена технологія отримання полімерної композиції для виготовлення кислотостійких високоміцних пластмасових виробів. Технологія з використанням мікросфер, виділених із зони ТЕС, включає підбір їх кількісного і якісного складу і базових марок полімерів (поліетилен, поліпропілен та ін.) В залежності від умов експлуатації, попереднє поєднання мікросфер з гранулами полімеру в реакторі спеціальної конструкції і виготовлення виробів в ливарних машинах або екструдерах.

Технологія забезпечує: зниження витрати базових марок полімерів в 1,15-1,3 рази; збільшення терміну експлуатації пластмасових виробів при контактах їх з агресивними середовищами в 2-3 рази; стійкість пластмаси до горіння і дії підвищених температур і тиску; зниження вартості пластмасових виробів в 1,2-1,3 рази.

Для розробки проектної документації та експлуатації об'єктів золошлаковідвалів, а також утилізації з них цінних компонентів, необхідне знання хімічного і фазово-мінералогічного складу золи та шлаку. В процесі високотемпературного згорання твердого палива в котлоагрегатах відбуваються складні багатофазні перетворення його мінерального речовини.

Основний глинистий мінерал вугілля – каолінит $Al_2O_3 \cdot CuO_2 \cdot 2H_2O$, при нагріванні до $T = 450-650^\circ C$ розкладається і переходить в безводний хімічно активний метакаолінит $Al_2O_3 \cdot 2CuO_2$, а при $T \geq 900^\circ C$ утворюється муліт $3Al_2O_3 \cdot 2CuO_2$. Розкладання карбонатів кальцію і магнію, що супроводжується утворенням відповідних оксидів, відбувається в діапазоні $T = 600-1000^\circ C$, карбонатів Fe – при $T = 400-500^\circ C$.

Кварц зазнає поліморфні зміни при $T = 573^\circ C$, пірит окислюється при $T = 400-700^\circ C$ з утворенням оксидів Fe і S. У слабководновному середовищі гематит переходить в магнетит, оксид Fe (II) з'єднується з SiO_2 в легкоплавкі силікати або відновлюється до Fe.

У зоні високих температур $T \geq 1200^\circ C$ з'являються евтектичні скловидні суміші, в результаті чого виникають нові утворення – зола і шлак. В процесі

спалювання палива більша частина мінеральної речовини перетворюється в золу і менша – в шлак.

Зола більшості видів вугілля на 98-99% складається з вільних і хімічно пов'язаних оксидів Na, K, Si, Al, Ti, Ca, Mg, Fe, S. В залежності від родовища вугілля, що добувається золи містять також сполуки більшості рідкісно-земельних металів.

Шлакова складова продуктів спалювання вугілля містить кварц, забруднене недопалом органічної частини палива (основна маса), польові шпати (до 10%), магнетит (10%), карбонати, скла, слюди (до 5%). Зазначені складові шлаку є сильномагнітними.

Відходи електростанцій, що працюють на рідкому паливі

Залишок термічної переробки нафти, що має температуру початку кипіння 330-350°C, називається мазутом і служить паливом для багатьох теплових електростанцій.

З метою утилізації зольних залишків (вміст V_2O_5 – 20-22%, NiO – 3-5%), що утворюються на ТЕС при спалюванні високосірчистих мазутів, розроблена перспективна технологія використання їх в чорній металургії. Відомий спосіб отримання чавуну з V-вміщуючих залізородних матеріалів в шахтній печі, що полягає в тому, що V- вміщуючі руди збагачують до вмісту заліза в них більш 60%, що відповідає вмісту V_2O_5 0,45-0,66%, завантажують їх у піч і отримують чавун з вмістом ванадію 0,4-0,55%.

До недоліків цього способу відноситься неможливість отримання чавуну з вмістом V більше 0,6%. Відомий також спосіб отримання чавуну, що полягає в тому, що шихтові матеріали збагачують і подають в піч, а в горн печі вдувають нафтопродукти в кількості до 80 кг/т чавуну для поліпшення режимів горіння палива. При цьому в піч подають нафтопродукти, зольність яких не вище 0,3%. в золі цих нафтопродуктів може міститися до 20% V_2O_5 . При такому вмісті золи в мазуті на 1 т чавуну вноситься 0,027 кг V_2O_5 , тобто збагачення чавуну ванадієм незначне.

Збільшення вмісту в чугуні V досягається шляхом виплавки його з попередньо збагаченими легуючими компонентами залізорудних матеріалів. В горн печі вдувають зольні залишки спалювання мазутів, що містять 2-20% V_2O_5 , в кількості 20-60 кг/т чавуну.

Як показують розрахунки, при початковому вмісті пентаоксиду ванадію в вихідній шихті 0,4% кінцевий вміст ванадію в чавуні складе 0,5%. При введенні в піч для отримання чавуну зольних залишків спалювання нафтопродуктів в котлоагрегатах теплових електростанцій при утриманні в них 2-20% V_2O_5 , в кількості 20-60 кг/т чавуну, кінцевий вміст ванадію в чавуні складе 0,53-1,07%.

Даний спосіб забезпечує отримання ванадійвміщуючого чавуну з підвищеним і регульованим вмістом ванадію, дозволяє отримати чавун з підвищеним вмістом ванадію, утилізувати з'єднання рідкісних металів, зокрема, ванадію, що є дорогим і дефіцитним компонентом при виробництві багатьох видів промислової продукції.

При цьому забезпечується комплексна переробка відходів теплових електростанцій, які в даний час займають значні земельні площі і забруднюють НПС токсичними сполуками ванадію.

У міру вироблення мінеральної сировини з високим вмістом корисних компонентів промисловість повинна перейти на використання бідної і нетрадиційної сировини. Багато ПВ можуть бути сировиною для ряду виробництв. Висока ефективність використання побічних продуктів в перспективі призведе до значного підвищення їх питомої ваги в загальному, балансі сировинних ресурсів, що сприятиме заощадженню природної сировини і вирішення багатьох екологічних питань. У зв'язку з цим ефективна утилізація вторинної сировини стає однією з найбільш важливих проблем сучасності.

Вплив геологічного середовища на інші сфери НПС проявляється у вигляді землетрусів, зсуво- і яроутворення, неотектонічних і горотворних процесів. Видобуток з земних надр корисних копалин, їх збагачення і переробка, накопичення при цьому ПВ, що утворюються, призводять до глобального

забруднення НПС, накопичення на земній поверхні гігантських обсягів відходів, що змінюють ландшафти, знищують родючий шар ґрунту, що забруднюють поверхневі і ґрунтові води і т.д.

Середній рудник скидає на рельєф близько 1000 м³/год стічних вод з високим ступенем мінералізації. Споживається підприємствами кольорової металургії близько 1,2 млн. м³/рік прісної води.

Гірнична промисловість є істотним прискорювачем процесу обміну газоподібними продуктами техногенної діяльності та надрами планети, так як в процесі видобутку мінеральної сировини реалізуються технології, пов'язані зі звільненням величезних мас газів (як природних, так і техногенних).

При видобутку вугілля на шахтах СНД виділяється до 15 млрд. м³/рік метану, з одночасним виділенням понад 20 млрд. м³/рік вуглекислого газу. В результаті вміст метану в атмосфері збільшується на 1% в рік, що створює дисбаланс між обсягами його виділення і руйнування. З екологічної точки зору велику тривогу викликають і такі газові відходи технологічного виробництва, як сірчистий газ та інші сполуки сірки, оксиди вуглецю і азоту, що становлять в сумі понад 1 млрд. т/рік.

При провітрюванні рудників в атмосферу потрапляють зважені частинки пилу розміром менше 2 мкм, частка яких досягає 50%. На 1 м³ видобутої руди доводиться 0,2 кг пилу і 40 дм³ умовного діоксиду вуглецю. Інтенсивність випадання пилу досягає фонових величин тільки на відстані 3-10 км від джерела.

У різних геологічних, географічних, економічних і ін. ситуаціях вплив на геологічне середовище надають різні фактори, але найчастіше – їх сукупність. Виробнича діяльність людини на території України, особливо інтенсивна з другої половини ХХ ст. і на початку поточного, сприяє створенню техногенного забруднення, для якого характерно:

- скупчення маси різноманітних ПВ в районах активної гірничорудної, хіміко-металургійної, будівельної, вугледобувної діяльності;

- розміщення ПВ з певною нерівномірністю. У великих промислових центрах, гірничорудних і вуглепромислових районах накопичені значні кількості розкривних, шахтних порід, металургійних і енергетичних шлаків, відходів збагачення (Кривбас, Донбас, Запоріжжя, Дніпро, Кременчук, Львівсько-Волинський басейн і ін.);

- поєднання декількох типів техногенного впливу, що призводить до ускладнення екологічної обстановки в промислових центрах (зсуви в Чернівцях, Дніпрі, Києві, газові викиди в Донбасі, провали і просідання земної поверхні в Єнакієвому і ін. містах Донбасу);

- постійний негативний вплив техногенезу на здоров'я людей, в першу чергу, в найбільш техногенно напружених населених пунктах і районах, і взагалі по всій території України і суміжних країн внаслідок переносу забруднюючих речовин вітром і водою;

- концентрування шкідливих і корисних хімічних елементів (в т.ч. металів) в ПВ і участь їх в негативному впливі на природу і людину.

Стабільний розвиток і стійкість економіки держави багато в чому визначаються станом його мінерально-сировинної бази. На території України і інших країн СНД розміщені величезні техногенні запаси цінної вміщуючої метал сировини, що представляють собою великотоннажні відходи гірничодобувного комплексу, чорної і кольорової металургії, хімічної промисловості, енергетичного комплексу.

Ці родовища можуть забезпечити потреби промислового виробництва в таких дорогих і дефіцитних для України елементах, як ванадій, скандій, цинк і свинець з паралельною утилізацією заліза, кальцію, магнію і алюмінію.

Дослідженнями встановлено, що в промислових відходах окремих підприємств накопичуються в підвищених і навіть високих концентраціях цінні компоненти, які представляють практичний інтерес. Витяг цих компонентів може мати стратегічне значення, оскільки природні джерела їх отримання в Україні відсутні.

Крім того, багато видів промислових відходів давно зарекомендували себе прекрасною техногенною мінеральною сировиною для виробництва будівельних і композитних матеріалів, хімічних добрив, інших продуктів, окремих видів палива.

Розвідані скупчення техногенної мінеральної сировини з встановленням його запасів і затвердженням їх в належному порядку відносяться вже до категорії техногенних родовищ корисних копалин і обліковуються відповідним державним балансом.

Техногенне родовище корисних копалин, згідно з Кодексом України «Про надра», є державною власністю і не обкладається податками і штрафами. Трансформація ПВ в техногенну мінеральну сировину, а потім в техногенне родовище вигідно підприємствам, що утворюють ПВ, оскільки при цьому:

- знижується сума фінансового оподаткування скупчень відходів;
- створюється додаткова офіційна мінерально-сировинна база цих підприємств;
- з'являється можливість отримання додаткових джерел прибутку за рахунок розробки техногенних ресурсів непрофільного типу;
- вирішуються приватні екологічні завдання підприємства, міста, регіону.

Загальні запаси розкривних порід на території Донецько-Придніпровського і Центрально-Чорноземного регіонів України в кінці ХХ ст. становили близько 27 млрд. т. Для виробництва будівельного щебню придатні велика гамма скельних порід: пісковики, мармуровані вапняки, метаморфічні сланці, гнейси і магматити. Виробництво вапна, вапняного і доломітового борошна може здійснюватися на базі карбонатних розкривних порід практично всіх залізородних родовищ цих районів.

Основна сировина для цементної промисловості – крейда, мергель, глини, суглинки, вапняки також входять до складу розкривних порід цих регіонів. Крім того вони можуть служити сировиною для виробництва силікатних та керамічних стінових матеріалів, керамічних дренажних труб, пористого бетону і т.п. виробів

і матеріалів. Відходи збагачення залізних руд з успіхом застосовуються у вигляді піску і щебню для будівельних потреб, в т.ч. для виготовлення силікатної цегли.

Ці ПВ застосовують при виробництві цементу і в якості наповнювачів для закладки підземних гірничих виробок. Виробництво будматеріалів з ПВ гірничодобувного комплексу істотно дешевше, ніж із первинної нерудної сировини, що спеціально видобувається.

У кар'єрах басейну Нікопольського марганцевого родовища (Україна) знаходиться понад 10 млрд. т піщано-глинистих порід. Частина розкривних порід придатна для виробництва щебню, глини – потенційна сировину для виробництва дренажних труб, мергелі, вапняки і глини - сировина для отримання цементу. Невелика частка пісків використовується для дорожнього будівництва.

Скельні породи – вапняки, мармур – придатні для отримання щебню, вапняного борошна і вапна, мармурової крихти, карбонатного піску. Глини і суглинки – для виробництва цементу і керамзиту. Собівартість зазначених матеріалів з відходів в 20 нижче, ніж з первинного нерудної сировини.

4.1. Визначення викидів забруднювальних речовин за даними постійних вимірювань

Під час проведення постійних вимірювань концентрацій забруднювальних речовин і поточних витрат димових газів, які надходять у атмосферне повітря від енергетичної установки, валовий викид E_j , т, j -ї забруднювальної речовини за проміжок часу P визначається за формулою:

$$E_j = 10^{-9} \sum_t^P c_j(t) V(t) \Delta t, \quad (4.1)$$

де P – проміжок часу звітності;

$c_j(t)$ – масова концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, яка вимірюється в момент часу t , мг/м³;

$V(t)$ – витрата сухих димових газів, яка вимірюється в момент часу t , м³/с;

Δt – дискретність вимірювань, с.

Масова концентрація c_j , мг/м³, j -ї забруднюючої речовини в сухих димових газах, розраховується через об'ємну концентрацію за співвідношенням:

$$c_j = c_{vj} \rho_j, \quad (4.2)$$

де c_v – об'ємна концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, см³/м³;

ρ_j – густина j -ї забруднювальної речовини в умовах вимірювання її концентрації, кг/м³.

Густина забруднювальної речовини ρ_j , кг/м³, в умовах вимірювання концентрації розраховується за формулою:

$$\rho_j = \rho_{j0} \frac{p}{p_0} \frac{T_0}{T}, \quad (4.3)$$

де ρ_{j0} – густина j -ї забруднювальної речовини при нормальних умовах (тиску p_0 та температурі T_0), кг/м³;

p – тиск в умовах вимірювання концентрації, МПа;

T – температура в умовах вимірювання концентрації, К.

Під час проведення постійних вимірювань тільки масової концентрації забруднювальної речовини $c_j(t)$ поточна витрата димових газів $V(t)$ розраховується через обсяги витрат палив, які спалюються в енергетичній установці:

$$V(t) = \sum_i (v_{дг})_i b_i(t), \quad (4.4)$$

де $(v_{дг})_i$ – питомий об'єм сухих димових газів на робочу масу під час спалювання i -го палива при нормальних умовах, м³/кг;

$b_i(t)$ – витрата i -го палива в момент часу t , кг/с.

Питомий об'єм $v_{дг}$ сухих димових газів розраховується при стандартному вмісті кисню і нормальних умовах. Формула (4.1) для визначення валового викиду j -ї забруднювальної речовини приймає вигляд:

$$E_j = 10^{-9} \sum_i^P \left(c'_j(t) \sum_i (v_{дг})_i b_i(t) \right) \Delta t, \quad (4.5)$$

де E_j – валовий викид j -ї забруднювальної речовини за проміжок часу P , т;

$c'_j(t)$ – приведена масова концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при стандартному вмісті кисню і нормальних умовах в момент часу t , мг/нм³;

$(v_{дг})_i$ – питомий об'єм сухих димових газів на робочу масу під час спалювання i -го палива при стандартному вмісті кисню і нормальних умовах, нм³/кг;

$b_i(t)$ – витрата i -го палива в момент часу t , кг/с;

Δt – дискретність вимірювань, с.

Приведену масову концентрацію $c'_j(t)$, мг/нм³, j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при стандартному вмісті кисню та нормальних умовах в момент часу t можна отримати через значення вимірної масової концентрації j -ї забруднювальної речовини $c_j(t)$ за формулою

$$c'_j(t) = c_j(t) \frac{21 - \beta}{21 - O_2} = c_j(t) \frac{\alpha}{\alpha_0}, \quad (4.6)$$

де $c_j(t)$ – вимірjana масова концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах при нормальних умовах в момент часу t , мг/нм³;

O_2 – вміст кисню в димових газах при вимірюванні концентрації, %;

α – коефіцієнт надлишку повітря при вимірюванні концентрації;

α_0 – коефіцієнт надлишку повітря при стандартному вмісті кисню в димових газах.

4.2. Визначення викидів забруднювальних речовин розрахунковими методами

Розрахункові методи визначення викиду забруднювальної речовини базуються на використанні показника емісії. Показник емісії характеризує масову кількість забруднювальної речовини, яка викидається енергетичною установкою в атмосферне повітря разом з димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згоряння палива. Він залежить від багатьох чинників. Існують два показники емісії – узагальнений та специфічний.

Узагальнений показник емісії забруднювальної речовини є середньою питомою величиною викиду для певної категорії енергетичних установок, певної технології спалювання палива, певного виду палива з урахуванням заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини. Він не враховує особливостей хімічного складу палива.

Специфічний показник емісії є питомою величиною викиду, яка визначається для конкретної енергетичної установки з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу спалювання та заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини.

При наявності обох показників емісії забруднювальної речовини необхідно використовувати специфічний.

Валовий викид j -ї забруднювальної речовини E_j , т, що надходить у атмосферу з димовими газами енергетичної установки за проміжок часу P , визначається як сума валових викидів цієї речовини під час спалювання різних видів палива, у тому числі під час їх одночасного спільного спалювання:

$$E_j = \sum_i E_{ji} = 10^{-6} \sum_i k_{ji} B_i (Q_i^r)_i, \quad (4.7)$$

де E_{ji} – валовий викид j -ї забруднювальної речовини під час спалювання i -го палива за проміжок часу P , т;

k_{ji} – показник емісії j -ї забруднювальної речовини для i -го палива, г/ГДж;

B_i – витрата i -го палива за проміжок часу P , т;

$(Q_i^r)_i$ – нижча робоча теплота згоряння i -го палива, МДж/кг.

4.3 Визначення викидів речовин у вигляді суспендованих твердих частинок

Показник емісії речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (далі – твердих частинок) визначається як специфічний і розраховується за формулою:

$$k_{ТВ} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{ТВS}}, \quad (4.8)$$

або

$$k_{\text{ТВ}} = \frac{10^6}{Q_i^r} \left(a_{\text{ВИН}} \frac{A^r}{100} + \frac{q_4}{100} \cdot \frac{Q_i^r}{Q_C} \right) (1 - \eta_{\text{ЗУ}}) + k_{\text{ТВС}}, \quad (4.9)$$

де $k_{\text{ТВ}}$ – показник емісії твердих частинок, г/ГДж;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

$a_{\text{ВИН}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

Q_C – теплота згоряння вуглецю до CO_2 , яка дорівнює 32,68 МДж/кг;

q_4 – втрати тепла, пов'язані з механічним недопалом палива, %;

$\eta_{\text{ЗУ}}$ – ефективність очищення димових газів від твердих частинок;

$\Gamma_{\text{ВИН}}$ – масовий вміст горючих речовин у викидах твердих частинок, %;

$k_{\text{ТВС}}$ – показник емісії твердих продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки і твердих частинок сорбенту, г/ГДж.

Вміст золи A^r в паливі та горючих у викиді твердих частинок $\Gamma_{\text{ВИН}}$ визначаються при проведенні технічного аналізу за ГОСТ 11022–95 (ISO 1171–81) палива і леткої золи, яка виходить з енергетичної установки, відповідно.

Зола палива виходить з енергетичної установки у вигляді леткої золи (виносу) та або донної золи (шлаку). Частка золи, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді леткої золи, $a_{\text{ВИН}}$ залежить від технології спалювання палива і визначається за даними останніх випробувань енергетичної установки, а за їх відсутності – за паспортними даними. За відсутності таких даних значення $a_{\text{ВИН}}$ приймаються згідно з таблицею 4.6.

Таблиця 4.6 – Частка леткої золи $a_{\text{ВИН}}$ при різних технологіях спалювання палива

| Котел | Вугілля | Мазут |
|--|---------|-------|
| З твердим (сухим) шлаковидаленням | 0,95 | 1,00 |
| Відкрита топка з рідким шлаковидаленням | 0,80 | 1,00 |
| Напіввідкрита топка з рідким шлаковидаленням | 0,70 | 1,00 |
| Двокамерна топка: | 0,55 | 1,00 |
| з вертикальним передтопком | 0,30 | 1,00 |
| горизонтальна циклонна | 0,15 | 1,00 |
| З циркулюючим киплячим шаром | 0,50 | – |
| З бульбашковим киплячим шаром | 0,20 | – |
| З нерухомим шаром | 0,15 | – |

Значення ефективності очищення димових газів від твердих частинок $\eta_{зy}$ визначається за результатами останніх випробувань золоуловлювальної установки або за її паспортними даними. Ефективність золоуловлювальної установки визначається як різниця між одиницею та відношенням масових концентрацій твердих частинок після і до золоуловлювальної установки.

При використанні сорбенту для зв'язування оксидів сірки в топці котла (наприклад, за технологіями спалювання палива в киплячому шарі) чи при застосуванні технологій сухого або напівсухого зв'язування сірки утворюються тверді частинки сульфату та сульфіту і невикористаного сорбенту. Показник емісії твердих частинок невикористаного в енергетичній установці сорбенту та утворених сульфатів і сульфідів $k_{твS}$, г/ГДж, розраховується за формулою:

$$k_{твS} = \frac{10^6}{Q_i^r} \cdot \frac{S^r}{100} \left[\eta_l \frac{\mu_{прод}}{\mu_s} + (m - \eta_l) \frac{\mu_{сорб}}{\mu_s} \right] a_{вин} (1 - \eta_{зy}), \quad (4.10)$$

де Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

S^r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

$a_{вин}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді леткої золи;

$\mu_{прод}$ – молекулярна маса твердого продукту взаємодії сорбенту та оксидів сірки, кг/кмоль;

$\mu_{сорб}$ – молекулярна маса сорбенту, кг/кмоль;

μ_s – молекулярна маса сірки, яка дорівнює 32 кг/кмоль;

m – мольне відношення активного хімічного елементу сорбенту та сірки (таблиця 4.3);

η_l – ефективність зв'язування сірки сорбентом у топці або при застосуванні сухих та напівсухих методів десульфуризації димових газів (таблиці 4.7 і 4.8);

$\eta_{зy}$ – ефективність очистки димових газів від твердих частинок.

Таблиця 4.7 – Ефективність зв’язування оксидів сірки золюю або сорбентом у тощі

| Технологія спалювання | η_1 | Примітка |
|--|----------|--|
| Факельне спалювання вугілля в котлах з рідким шлаковидаленням | 0,05 | Зв’язування золюю палива |
| Факельне спалювання вугілля в котлах з твердим шлаковидаленням | 0,10 | Те саме |
| Факельне спалювання мазуту в котлах | 0,02 | Те саме |
| Спалювання в киплячому шарі | 0,95 | Зв’язування сорбентом у котлі при мольному відношенні Ca/S m = 2,5 |

Таблиця 4.8 – Ефективність та коефіцієнт роботи сіркоочисної установки.

| Технологія десульфуризації димових газів | Параметри сіркоочисної установки | |
|---|----------------------------------|---------|
| | η_{II} | β |
| Мокре очищення – у скрубєрі з використанням вапняку (вапна) або доломіту з одержанням гіпсу | 0,95 | 0,99 |
| Мокре очищення – процес Веллмана–Лорда з використанням солей натрію | 0,97 | 0,99 |

4.4 Визначення викидів важких металів

Викид важких металів та їх сполук пов’язано з наявністю в мінеральній частині палива сполук важких металів. До важких металів, сполуки яких найбільш шкідливі для навколишнього середовища, відносяться: арсен (As), кадмій (Cd), хром (Cr), мідь (Cu), ртуть (Hg), нікель (Ni), свинець (Pb), селен (Se), цинк (Zn). Під час спалювання мазуту або важкого дизельного палива до важких металів цієї групи віднесено також ванадій (V) та його сполуки. У частинках леткої золи більшість цих елементів зустрічається у вигляді оксидів і хлоридів. У газоподібних викидах можлива наявність ртуті, селену та арсену, які частково випаровуються з палива.

4.4.1 Спалювання вугілля

Під час спалювання вугілля показник емісії важкого металу $k_{в.м}$, г/ГДж, є специфічним і визначається за формулою

$$k_{в.м} = \frac{c_{в.м}}{Q_r} [a_{вин} f_{зб} (1 - \eta_{зy}) (1 - f_r) + f_r (1 - \eta_{гзy})], \quad (4.11)$$

де $c_{в.м}$ – масовий вміст важкого металу у паливі, мг/кг;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;

$a_{\text{вин}}$ – частка золи, яка виходить з котла у вигляді легкої золи;

f_{36} – коефіцієнт збагачення важкого металу;

η_{3y} – ефективність золоуловлювальної установки;

f_r – частка важкого металу, яка виходить у газоподібній формі;

η_{r3y} – ефективність уловлення газоподібної фракції важкого металу в золоуловлювальній установці.

Частка золи $a_{\text{вин}}$, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді легкої золи, залежить від технології спалювання палива (див. таблицю 4.6).

Масовий вміст важкого металу в паливі визначається під час проведення елементного аналізу палива, що спалюється в енергетичній установці.

За відсутності можливості вимірювання вмісту важких металів у паливі орієнтовні значення $c_{\text{вм}}$ визначають згідно з таблицею 4.9.

Таблиця 4.9 – Вміст важких металів $c_{\text{вм}}$ у енергетичному вугіллі, мг/кг

| Вугілля | As | Cd | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Se | Zn |
|-----------------------------|----|----|----|----|------|----|----|----|----|
| Антрацитовий штиб АШ | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.28 | 26 | 20 | 0 | 40 |
| Донецьке пісне ТР | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.20 | 26 | 18 | 0 | 40 |
| Донецьке ГР | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.14 | 26 | 14 | 0 | 40 |
| Донецьке довгополуменеве ДР | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.16 | 26 | 16 | 0 | 40 |
| Львівсько-Волинське (ЛВ) ГР | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.16 | 26 | 16 | 0 | 40 |
| Олександрійське буре Б1Р | 20 | 0 | 47 | 29 | 0.16 | 26 | 14 | 0 | 40 |

Коефіцієнт збагачення f_{36} характеризує властивість “збагачення” (підвищення вмісту) важкого металу в частинках золи. Вміст важких металів у різних фракціях золи різний: у дрібній фракції золи вміст їх вищий, ніж у крупній. Оскільки в золоуловлювальній установці найбільш ефективно уловлюється крупна фракція, то в атмосферне повітря викидається дрібна фракція, в якій вміст важких металів більший. Діапазон значень та рекомендовані величини f_{36} наведено в таблиці 4.10. Ці значення застосовуються у випадку відсутності даних для конкретних видів і марок твердого палива, яке спалюється в енергетичній установці.

Таблиця 4.10 – Коефіцієнт збагачення важких металів після золоуловлювача

| | Ступінь уловлення | | | |
|--------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|---------------|
| | $\eta \leq 0,7$ | $0,7 < \eta \leq 0,97$ | $0,97 < \eta \leq 0,99$ | $\eta > 0,99$ |
| Арсен (As) | 1,0 | $= 3,70 \cdot \eta - 1,59$ | $= 175 \cdot \eta - 167,75$ | 5,5 |
| Кадмій (Cd) | 1,0 | $= 7,04 \cdot \eta - 3,93$ | $= 205 \cdot \eta - 195,55$ | 7,0 |
| Хром (Cr) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Мідь (Cu) | 1,0 | $= 0,37 \cdot \eta + 0,74$ | $= 60 \cdot \eta - 57,10$ | 2,3 |
| Ртуть (Hg) | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 1,0 |
| Нікель (Ni) | 1,0 | $= 1,48 \cdot \eta - 0,04$ | $= 95 \cdot \eta - 90,75$ | 3,3 |
| Свинець (Pb) | 1,0 | $= 5,56 \cdot \eta - 2,89$ | $= 175 \cdot \eta - 167,25$ | 6,0 |
| Селен (Se) | 1,0 | $= 7,78 \cdot \eta - 4,44$ | $= 220 \cdot \eta - 210,30$ | 7,5 |
| Цинк (Zn) | 1,0 | $= 7,04 \cdot \eta - 3,93$ | $= 205 \cdot \eta - 195,55$ | 7,0 |

Частка важкого металу, яка виходить з вугілля у газоподібному вигляді, f_r залежить від фізико-хімічних властивостей важкого металу. Орієнтовні значення цієї частки наведено в таблиці 4.11.

Таблиця 4.11 – Частка газоподібної фракції важкого металу при спалюванні вугілля

| Важкий метал | Частка газоподібної фракції |
|--------------|-----------------------------|
| Арсен (As) | 0,005 |
| Ртуть (Hg) | 0,900 |
| Селен (Se) | 0,150 |
| Інші | 0 |

Ефективність уловлювання твердих частинок золоуловлювальною установкою η_{zy} залежить від типу очисного обладнання, встановленого на енергетичній установці, наприклад електростатичного фільтра, рукавного фільтра, мокрого скрубера чи батарейного циклона.

Ефективність уловлювання газоподібних важких металів $\eta_{гзу}$ залежить від властивостей важкого металу, типу золоуловлювальної установки і наявності інших заходів очистки димових газів, таких, як сіркоочисні та азотоочисні установки. Ефективність повинна визначатися під час проведення випробувань установки. Значення ефективності уловлення газоподібної фракції важких металів $\eta_{гзу}$ в електрофільтрах наведено в табл. 4.12.

Таблиця 4.12 – Ефективність уловлювання газоподібної фракції важкого металу золоуловлювальною установкою під час спалювання твердого палива

| Золоуловлювальна установка | Ефективність |
|----------------------------|--------------|
| Електростатичний фільтр | 0,35 |
| Інші | 0 |

4.4.2 Спалювання мазуту

Під час спалювання в енергетичній установці мазуту утворюються сполуки важких металів, які є складовими мазутної золи. Сполуки ванадію відносяться до основних складових мазутної золи. Тому кількість викиду ванадію прийнято за контрольний параметр шкідливої дії мазутної золи на довкілля.

Показник емісії мазутної золи k_v , г/ГДж, у перерахунку на ванадій є специфічним і розраховується за формулою:

$$k_v = \frac{c_v}{Q_i^r} (1 - \eta_{oc}) (1 - \eta_{zy(v)}), \quad (4.12)$$

де Q_i^r – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

c_v – масовий вміст ванадію в паливі, мг/кг;

η_{oc} – частка ванадію, який осідає з твердими частинками на поверхнях нагріву котла;

$\eta_{zy(v)}$ – ефективність уловлювання ванадію золоуловлювальною установкою.

Масовий вміст ванадію у мазуті c_v , мг/кг, визначається за результатами хімічного аналізу мазуту або розраховується за апроксимаційною формулою:

$$c_v = 2222A^r, \quad (4.13)$$

де A^r – масовий вміст золи в мазуті на робочу масу, %.

Масовий вміст золи в мазуті A^r визначається за даними технічного аналізу палива.

Частка ванадію η_{oc} , яка осідає з твердими частинками на поверхнях нагріву котлів, залежить від конструктивних особливостей котлів. Її значення наведено в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Значення частки ванадію, яка осідає з твердими частинками на поверхнях нагріву котлів

| Котел | Значення |
|---|----------|
| З проміжними пароперегрівачами, очищення поверхонь яких провадиться під час зупинки | 0,07 |
| Без проміжних пароперегрівачів (за тих самих умов очищення) | 0,05 |

Під час спільного спалювання твердого палива та мазуту в пиловугільному котлі ефективність очищення димових газів $\eta_{zy(V)}$ від мазутної золи (в перерахунку на ванадій) $\eta_{zy(V)}$ розраховується за емпіричною формулою:

$$\eta_{zy(V)} = 1 - \frac{1 - \eta_{zy}}{f_V}, \quad (4.14)$$

де η_{zy} – ефективність очищення димових газів від твердих частинок;

f_V – емпіричний коефіцієнт, який враховує ефект “збагачення” ванадієм золи, яка виходить після золоуловлювальної установки, і залежить від типу золоуловлювальної установки (таблиця 4.14)

Таблиця 4.14 – Значення емпіричного коефіцієнта f_V для розрахунку ефективності уловлювання ванадію золоуловлювальною установкою

| Золоуловлювальна установка | Емпіричний коефіцієнт |
|----------------------------|-----------------------|
| Електростатичний фільтр | 0,6 |
| Мокрий скруббер | 0,5 |
| Батарейний циклон | 0,4 |

Ефективність очищення димових газів від мазутної золи (в перерахунку на ванадій) $\eta_{zy(V)}$ в газомазутних котлах батарейними циклонами, які спеціально застосовуються для цього, що діє в діапазоні значень ефективності пилоочищення циклону 0,65...0,85 визначається за емпіричною формулою:

$$\eta_{zy(V)} = 3,1277\eta_{zy}^2 - 1,4948\eta_{zy} - 0,1412, \quad (4.15)$$

де $\eta_{zy(V)}$ – ефективність очищення димових газів від мазутної золи;

η_{zy} – ефективність очищення димових газів від твердих частинок.

Для розрахунку показника емісії к п'ятиоксиду ванадію V_2O_5 , г/ГДж, як забруднювальної речовини необхідно показник емісії мазутної золи в перерахунку

на ванадій помножити на відношення молекулярних мас п'ятиоксиду ванадію та ванадію:

$$k_{V_2O_5} = k_V \frac{\mu_{V_2O_5}}{2\mu_V} = k_V \frac{182}{2 \cdot 51} \cong 1,8k_V, \quad (4.16)$$

де k_V – показник емісії мазутної золи в перерахунку на ванадій;

$\mu_{V_2O_5}$ – молекулярна маса п'ятиоксиду ванадію, яка дорівнює 182 кг/кмоль;

μ_V – молекулярна маса ванадію, яка дорівнює 51 кг/кмоль.

4.4.3 Спалювання природного газу

При спалюванні в енергетичній установці природного газу можуть виділятися в газоподібній формі в незначній кількості ртуть та її сполуки.

Показник емісії ртуті k_{Hg} , г/ГДж, є узагальненим і розраховується за формулою:

$$k_{Hg} = (k_{Hg})_0 (1 - \eta_{гзу}), \quad (4.17)$$

де $(k_{Hg})_0$ – показник емісії ртуті без використання золоуловлювальної установки, г/ГДж;

$\eta_{гзу}$ – ефективність уловлювання ртуті в золоуловлювальній установці.

Значення $(k_{Hg})_0$ під час спалювання природного газу наведено в табл. 4.15.

Таблиця 4.15 Показник емісії важкого металу під час спалювання природного газу (без урахування золоуловлювальної установки)

| Важкий метал | Показник емісії, г/ГДж |
|--------------|------------------------|
| Ртуть (Hg) | $1 \cdot 10^{-4}$ |
| Інші | 0 |

5 Вибір та обґрунтування природоохоронного заходу

Теплові електростанції (ТЕС) є одним з основних генеруючих джерел тепло- і електроенергії України. При загальній установленій потужності електростанцій України 50,9 млн кВт на 01.01.2004 потужність ТЕС становила 30,9 млн кВт. В 2003 р. ТЕС виробили близько 47 % усієї електроенергії, зробленої в Україні. Проектом Стратегії розвитку енергетики до 2030 р. передбачається збільшення частки вироблення на ТЕС.

Також буде постійно зростати роль ТЕС у централізованім теплопостачанні міст. Тому питання подальшого розвитку ТЕС має, і ще тривалий час буде мати пріоритетне значення.

Устаткування ТЕС України знаходиться в кризовому стані, такий висновок можна зробити виходячи з даних: 76 енергоблоків з 104 або 63,8 %, перебувають за межі фізичного зношування. Ще 17 енергоблоків або 27,8 %, наближаються до граничної межі зношування, а 11 блоків, що залишилися або 8,3 %, – до розрахункового [7].

Обладнання в подібному стані представляє величезну екологічну небезпеку. У світлі введення нових екологічних нормативів у Європейському Союзі з 2016 року це унеможливує інтеграцію енергосистеми України в загальну європейську енергосистему.

Більшість країн Центральної Європи, серед яких Польща, Чехія, Угорщина й інші, виконують одну з основних умов вступу в структуру ЄС і проводять широкомасштабну реабілітацію своїх ТЕС для підвищення їх ефективності, надійності, безпеки й зниження емісії шкідливих речовин до європейського рівня. Наші ТЕС мають одні з найнижчих техніко-економічних і екологічних показників у Європі, що не тільки приносить більші збитки економіці України, у т.ч. знижуючи конкурентоспроможність вітчизняної продукції, але й створює великі проблеми для європейської інтеграції України, збереження й нарощування експорту електроенергії.

Щоб усунути негативні явища в тепловій енергетиці й забезпечити її розвиток, треба орієнтуватися не тільки на продовження термінів служби встаткування ТЕС шляхом ремонту й заміни окремих вузлів парових турбін і котлоагрегатів і маловитратні заходу, що швидко окупуються, а й на відновлення встаткування із застосуванням перспективних технологій. Тимчасове зниження попиту на електроенергію дає можливість проведення відновлення встаткування. І цю роботу треба виконувати, не втрачаючи часу.

При реабілітації ТЕС, крім підвищення надійності, повинні бути вирішені завдання:

- підвищення маневреності (розширення діапазону регулювання потужності);
- зниження питомих витрат палива;
- підвищення екологічних характеристик ТЕС.

Зростання економіки тісно пов'язаний зі зростанням використання у виробництвах різних видів палива. При цьому в цей час тверде органічне паливо розглядається в якості основного природного джерела на тривалу перспективу. Ця обставина потребує широкого впровадження малотоксичних методів спалювання й використання установок для очищення димових газів від оксиду нітрогену й діоксиду сірки.

Застосовувані сьогодні технологічні методи придушення утвору шкідливих інгредієнтів при горінні твердого палива мають невисоку ефективність. Більш ефективними є винесені системи глибокого очищення димових газів, що забезпечують ступінь очищення 98 ÷ 99%. Але через високу вартість їх впровадження підприємству як і раніше вигідніше платити за шкідливі викиди, чим впроваджувати малотоксичні технології й системи очищення.

В умовах збільшення частки твердого палива вкрай актуальним стає широке впровадження ефективних систем глибокого очищення димових газів, що відходять. Однак для успішного впровадження зазначених систем необхідно розв'язати ряд завдань науково-дослідного характеру, пов'язаних з визначенням

варіантів схемних розв'язків, оптимізацією робочих параметрів і конструктивних характеристик устаткування, зіставленням схем за економічними критеріями. У зв'язку із цим тематика справжньої роботи є актуальною й своєчасною.

На кафедрі ХІЕ Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля проводяться дослідження з сорбції токсикантів з димових газів ТЕС в умовах механохімактивації. Багато робіт з даної тематики опубліковано доцентом кафедри ХІЕ Кудрявцевим Сергієм Олександровичем та іншими співробітниками, аспірантами. Ще один напрямок, що розробляється на кафедрі – окиснення вугілля та вуглецьвміщуючих речовин в розплаві високотемпературного теплоносія, це дозволить значно скоротити викиди твердих частинок (будуть залишатися в розплаві) та забезпечити максимальну глибину переробки вуглецю.

Запропонований комбінований метод знешкодження збросових газів ТЕС із застосуванням механохімактивації сорбенту забезпечить:

- відмову від споживання дорогих сорбентів;
- можливість безперервного здійснення процесу;
- зменшення розмірів абсорбційного устаткування;
- знизити концентрації оксидів сірки, моно оксиду вуглецю та зважених частинок (пил, зола, важкі метали) в скидних газах.

6 Розробка природоохоронного заходу

6.1 Теоретичні основи процесу

Визначення об'єму сухих димових газів

Питомий об'єм сухих димових газів, які утворюються під час повного згоряння палива, визначається на підставі даних про масовий елементний склад робочої маси палива та витрати повітря для його спалювання відповідно до стехіометричних співвідношень між паливом та повітрям.

Під час спалювання палива можливе його неповне згоряння, у першу чергу механічний недопал, внаслідок чого до викидів твердих частинок та шлаку потрапляють горючі речовини, головним чином вуглець.

Масовий вміст вуглецю $C^{взг}$, який згоряє, % на робочу масу, виражається через масовий вміст вуглецю в паливі C^r за формулою

$$C^{взг} = \varepsilon_C C^r, \quad (6.1)$$

де ε_C – ступінь окислення вуглецю палива;

C^r – масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %.

Ефективність процесу горіння визначає ступінь окислення вуглецю палива ε_C . При повному згорянні палива ступінь окислення дорівнює одиниці, але за наявності недогоряння палива його значення зменшується. Ступінь окислення вуглецю палива ε_C в енергетичній установці розраховується за формулою:

$$\varepsilon_C = 1 - \frac{A^r}{C^r} \left(a_{вин} \frac{\Gamma_{вин}}{100 - \Gamma_{вин}} + (1 - a_{вин}) \frac{\Gamma_{шл}}{100 - \Gamma_{шл}} \right), \quad (6.2)$$

де A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;

C^r – масовий вміст вуглецю в паливі на робочу масу, %;

$a_{вин}$ – частка золи, яка видаляється у вигляді леткої золи;

$\Gamma_{вин}$ – масовий вміст горючих речовин у виносі твердих частинок, %;

$\Gamma_{шл}$ – масовий вміст горючих речовин у шлаку, %.

Для природного газу рекомендоване значення ϵ_C становить 0,995, для мазуту – 0,99.

Вміст золи A^r в паливі та горючих речовин у шлаку $\Gamma_{\text{шл}}$ і викидах твердих частинок $\Gamma_{\text{вин}}$ визначається технічним аналізом палива (ГОСТ 27313–95), а також шлаку та твердих частинок, які виходять з енергетичної установки. Частка золи $a_{\text{вин}}$, яка виноситься з енергетичної установки у вигляді легкої золи, залежить від технології спалювання палива. Вона визначається для енергетичної установки за паспортними даними та при проведенні її випробувань. За відсутності такої інформації значення $a_{\text{вин}}$ визначаються за даними таблиці 4.2.

Під час спалювання 1 кг робочої маси палива з урахуванням механічного недопалювання питомий об'єм сухих димових газів $v_{\text{дг}}^o$, $\text{нм}^3/\text{кг}$ (за відсутності в них кисню) визначається за формулою:

$$v_{\text{дг}}^o = 0,01(1,866C^{\text{взг}} + 0,7S^r + 0,8N^r) + v_{\text{N}_2, \text{пов}}, \quad (6.3)$$

де $C^{\text{взг}}$ – масовий вміст вуглецю палива, що згорів, на робочу масу, %;

S^r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

N^r – масовий вміст азоту в паливі на робочу масу, %;

$v_{\text{N}_2, \text{пов}}$ – питомий об'єм азоту повітря, необхідного для горіння палива, $\text{нм}^3/\text{кг}$.

Питомий об'єм азоту $v_{\text{N}_2, \text{пов}}$, $\text{нм}^3/\text{кг}$, в повітрі, яке необхідне для спалювання палива, визначається за формулою:

$$v_{\text{N}_2} = 3,762v_{\text{O}_2}, \quad (6.4)$$

де v_{O_2} – питомий об'єм кисню, необхідного для проходження стехіометричних реакцій окислення, $\text{нм}^3/\text{кг}$.

Питомий об'єм кисню v_{O_2} , $\text{нм}^3/\text{кг}$, необхідного для проходження стехіометричних реакцій окислення,

$$v_{\text{O}_2} = 0,01(1,866C^{\text{взг}} + 5,56N^r + 0,7S^r - 0,7O^r), \quad (6.5)$$

де $C^{\text{взг}}$ – масовий вміст вуглецю палива, що згорів, на робочу масу, %;

H^r – масовий вміст водню в паливі на робочу масу, %;

S^r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

O^r – масовий вміст кисню в паливі на робочу масу, %.

Константи в рівняннях (6.3)–(6.5) є стереометричними множниками.

Густина сухих димових газів $\rho_{др}^{\circ}$ визначається як відношення питомої маси сухих димових газів $m_{др}^{\circ}$ до питомого об'єму сухих димових газів $v_{др}^{\circ}$ (під час спалювання 1 кг робочої маси палива). Питома маса сухих димових газів $m_{др}^{\circ}$ визначається за відсутності в них кисню та водяної пари, яка утворилася в результаті випарювання вологи палива та окислення водню.

Густина сухих димових газів $\rho_{др}^{\circ}$, кг/нм³, визначається за формулою:

$$\rho_{др}^{\circ} = m_{др}^{\circ} / v_{др}^{\circ}, \quad (6.6)$$

де $m_{др}^{\circ}$ – питома маса сухих димових газів, кг/кг;

$v_{др}^{\circ}$ – питомий об'єм сухих димових газів, нм³/кг.

Питома маса сухих димових газів $m_{др}^{\circ}$, кг/кг, вираховується за формулою

$$m_{др}^{\circ} = 0,01(3,664C^{взг} + 1,000N^r + 2,001S^r) + 4,702v_{O_2}, \quad (6.7)$$

де $C^{взг}$ – масовий вміст вуглецю палива, що згоряє, на робочу масу, %;

N^r – масовий вміст азоту в паливі на робочу масу, %;

S^r – масовий вміст сірки в паливі на робочу масу, %;

v_{O_2} – питомий об'єм кисню, необхідного для проходження стехіометричних реакцій окислення, нм³/кг.

Одержане значення $v_{др}^{\circ}$ за відсутності кисню в димових газах (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha = 1$) може бути приведене до стандартного вмісту кисню в димових газах, наприклад, до 6 %, за допомогою рівняння:

$$v_{др} = v_{др}^{\circ} \frac{21}{21 - O_{2cc}} = v_{др}^{\circ} \frac{21}{21 - 6} = 1,4v_{др}^{\circ}, \quad (6.8)$$

де $v_{\text{дг}}$ – питомий об'єм сухих димових газів, приведений до стандартного вмісту кисню в димових газах, $\text{нм}^3/\text{кг}$;

$v_{\text{дг}}^{\circ}$ – питомий об'єм сухих димових газів при $\text{O}_2 = 0\%$, $\text{нм}^3/\text{кг}$;

$\text{O}_{2\text{ст}}$ – стандартний об'ємний вміст кисню в сухих димових газах, %.

Перерахунок значення вимірної концентрації в показник емісії j -ї забруднювальної речовини для конкретного джерела викиду здійснюється за формулою

$$k_j = c'_j v_{\text{ог}} / Q_i^r, \quad (6.9)$$

де k_j – показник емісії j -ї забруднювальної речовини, $\text{г}/\text{ГДж}$;

c'_j – вимірjana масова концентрація j -ї забруднювальної речовини в сухих димових газах, приведена до нормальних умов та стандартного вмісту кисню, $\text{мг}/\text{нм}^3$;

$v_{\text{дг}}$ – питомий об'єм сухих димових газів, приведений до стандартного вмісту кисню, $\text{нм}^3/\text{кг}$;

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, $\text{МДж}/\text{кг}$.

Перерахунок характеристик газоподібного палива

Для газоподібного палива, як правило, відомі його об'ємні характеристики:

- склад – метан (CH_4), етан (C_2H_6), пропан (C_3H_8), бутан (C_4H_{10}), пентан (C_5H_{12}) та більш важкі вуглеводні, азот (N_2), сірководень (H_2S), оксид (CO) і діоксид (CO_2) вуглецю;

- теплота згоряння;

- об'ємна витрата;

- об'єм використаного палива за певний проміжок часу.

Для визначення величин викидів та питомого об'єму використовуються масові характеристики палива – масовий елементний склад, масова теплота згоряння, маса використаного палива. Тому для газоподібного палива об'ємні характеристики необхідно перерахувати в масові.

Питома маса кожного індивідуального газу в сухому стані газоподібного палива визначається за формулами:

$$m_{\text{CH}_4} = 0,716 \cdot 0,01(\text{CH}_4)_v, \quad (6.10)$$

$$m_{\text{C}_2\text{H}_6} = 1,342 \cdot 0,01(\text{C}_2\text{H}_6)_v, \quad (6.11)$$

$$m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1,967 \cdot 0,01(\text{C}_3\text{H}_8)_v, \quad (6.12)$$

$$m_{\text{C}_4\text{H}_{10}} = 2,593 \cdot 0,01(\text{C}_4\text{H}_{10})_v, \quad (6.13)$$

$$m_{\text{C}_5\text{H}_{12}} = 3,219 \cdot 0,01(\text{C}_5\text{H}_{12})_v, \quad (6.14)$$

$$m_{\text{C}_6\text{H}_6} = 3,492 \cdot 0,01(\text{C}_6\text{H}_6)_v, \quad (6.15)$$

$$m_{\text{N}_2} = 1,250 \cdot 0,01(\text{N}_2)_v, \quad (6.16)$$

$$m_{\text{H}_2\text{S}} = 1,521 \cdot 0,01(\text{H}_2\text{S})_v, \quad (6.17)$$

$$m_{\text{CO}} = 1,250 \cdot 0,01(\text{CO})_v, \quad (6.18)$$

$$m_{\text{CO}_2} = 1,964 \cdot 0,01(\text{CO}_2)_v, \quad (6.19)$$

де m_i – питома маса i -го індивідуального газу в 1 нм^3 сухого палива, $\text{кг}/\text{нм}^3$;
 $(i)_v$ – об'ємний вміст i -го індивідуального газу, %.

Густина сухого газоподібного палива $\rho_{\text{н}}$, $\text{кг}/\text{нм}^3$, при нормальних умовах визначається як сума питомих мас індивідуальних газів, що входять до складу палива:

$$\rho_{\text{н}} = \sum m_{\text{C}_p\text{H}_q} + m_{\text{N}_2} + m_{\text{H}_2\text{S}} + m_{\text{CO}} + m_{\text{CO}_2}, \quad (6.20)$$

де m_i – питома маса i -го індивідуального газу в 1 нм^3 сухого палива при нормальних умовах, $\text{кг}/\text{нм}^3$;

$m_{\text{C}_p\text{H}_q}$ – питома маса вуглеводню C_pH_q , який складається з p атомів вуглецю та q атомів водню при нормальних умовах, $\text{кг}/\text{нм}^3$.

Масовий елементний склад сухого газоподібного палива визначається за формулами:

$$\text{C}^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}} \left(\sum \frac{12p}{12p+q} m_{\text{C}_p\text{H}_q} + 0,429m_{\text{CO}} + 0,273m_{\text{CO}_2} \right), \quad (6.21)$$

$$\text{H}^{daf} = \frac{100}{\rho_{\text{н}}} \left(\sum \frac{q}{12p+q} m_{\text{C}_p\text{H}_q} + 0,059m_{\text{H}_2\text{S}} \right), \quad (6.22)$$

$$N^{daf} = \frac{100}{\rho_H} m_{N_2}, \quad (6.23)$$

$$S^{daf} = \frac{100}{\rho_H} (0,941 m_{H_2S}), \quad (6.24)$$

$$O^{daf} = \frac{100}{\rho_H} (0,571 m_{CO} + 0,727 m_{CO_2}), \quad (6.25)$$

де C^{daf} – масовий вміст вуглецю в паливі на горючу масу, %;

H^{daf} – масовий вміст водню в паливі на горючу масу, %;

N^{daf} – масовий вміст азоту в паливі на горючу масу, %;

S^{daf} – масовий вміст сірки в паливі на горючу масу, %;

O^{daf} – масовий вміст кисню в паливі на горючу масу, %;

ρ_H – густина сухого газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³;

m_i – питома маса і-го індивідуального газу в 1 нм³ сухого газоподібного палива, кг/нм³.

Для перерахунку об'ємної витрати газоподібного палива в масову використовують формулу:

$$b = b_v \rho_H, \quad (6.26)$$

де b – масова витрата газоподібного палива, кг/с;

b_v – об'ємна витрата газоподібного палива при нормальних умовах, нм³/с;

ρ_H – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³.

Маса використаного газоподібного палива B , т, за проміжок часу P та масова теплота згоряння розраховуються за формулами:

$$B = B_v \rho_H, \quad (6.27)$$

$$Q_i^r = Q_{iv}^r / \rho_H, \quad (6.28)$$

де B_v – об'єм використаного газоподібного палива за проміжок часу P при нормальних умовах, тис. нм³;

Q_i^r – масова нижча теплота згоряння газоподібного палива, МДж/кг;

Q_{iv}^r – об'ємна нижча теплота згоряння газоподібного палива при нормальних умовах, МДж/нм³;

ρ_n – густина газоподібного палива при нормальних умовах, кг/нм³.

Перерахунок характеристик твердого та рідкого палива

Складові та характеристики палива можуть бути перераховані на робочу (raw), суху (dry) масу (коли в паливі відсутня волога), суху беззолну (dry ash-free) або горючу масу (коли в паливі відсутня негорюча частина – зола та волога).

У таблиці 6.1 наведено множники перерахунку масового вмісту складових палива на робочу, суху або горючу масу.

Таблиця 6.1 – Перерахунок масового вмісту складових палива

| Маса | Початкове значення маси | | |
|--------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| | робочої | Сухої | горючої |
| Робоча | 1 | $(100 - W^r)/100$ | $(100 - W^r - A^r)/100$ |
| Суха | $100/(100 - W^r)$ | 1 | $(100 - A^d)/100$ |
| Горюча | $100/(100 - W^r - A^r)$ | $100/(100 - A^d)$ | 1 |

Примітка. W^r – масовий вміст вологи в паливі на робочу масу, %;
 A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;
 A^d – масовий вміст золи в паливі на суху масу, %.

У таблиці 6.2 наведено формули перерахунку нижчої робочої теплоти згоряння палива Q_i^r в нижчу суху теплоту згоряння палива Q_i^d та нижчу горючу теплоту згоряння палива Q_i^{daf} і навпаки.

Таблиця 6.2 – Перерахунок теплоти згоряння палива

| Теплота згоряння | Початкове значення маси | | |
|------------------|---|---|---|
| | робочої | Сухої | горючої |
| Q_i^r | 1 | $Q_i^d \frac{100 - W^r}{100} - 0,025 W^r$ | $Q_i^{daf} \frac{100 - W^r - A^r}{100} - 0,025 W^r$ |
| Q_i^d | $(Q_i^r + 0,025 W^r) \frac{100}{100 - W^r}$ | 1 | $Q_i^{daf} \frac{100 - A^d}{100}$ |
| Q_i^{daf} | $(Q_i^r + 0,025 W^r) \frac{100}{100 - W^r - A^r}$ | $Q_i^d \frac{100}{100 - A^d}$ | 1 |

Примітка. Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг;
 Q_i^d – нижча суха теплота згоряння палива, МДж/кг;
 Q_i^{daf} – нижча горюча теплота згоряння палива, МДж/кг;
 W^r – масовий вміст вологи в паливі на робочу масу, %;
 A^r – масовий вміст золи в паливі на робочу масу, %;
 A^d – масовий вміст золи в паливі на суху масу, %.

При неповному окисленні вуглецю палива в енергетичній установці величина Q_i^r фактично зменшується на величину енергії палива, що не догоріло, а саме:

$$Q_i^* = Q_i^r - Q_c(1 - \varepsilon_c), \quad (6.29)$$

де Q_i^* – нижча теплота згоряння палива з урахуванням механічного недопалу, МДж/кг;

Q_i^r – нижча теплота згоряння палива, МДж/кг;

Q_c – теплота згоряння вуглецю, МДж/кг, $Q_c = 32,657$ МДж/кг;

ε_c – ступінь окислення вуглецю палива (формула (6.2)).

6.2 Опис технологічної схеми

Поруч із енергоагрегатом Е встановлюється адсорбер з інтегрованим механохімічним активатором сорбенту АД. Він являє собою набір циліндрів з перфорованої решітки, що обертаються за рахунок електродвигунів. У середину циліндрів поміщений диспергуючий матеріал (наприклад, пісок або скляні кульки).

Зола-сорбент із бункера надходить на перфоровану решітку активатора, пропускна здатність якої порівнянна з розмірами часток золи.

Тут і відбувається безперервна активація поверхні сорбенту твердим матеріалом, що рухається.

Димові гази з енергоагрегату при температурі 200-350°C надходять в адсорбер АД, де проходять стадію адсорбції. Після очищені димові гази разом з віднесеною золою надходять на циклон Ц1, де відділяється відпрацьована зола, і знову вертаються в енергоагрегат. Зола з поглиненими оксидами сульфурі, нітрогену, монооксидами карбону й водяною парою надходить на стадію десорбції. У десорбері Д відбувається витиснення з пор золи оксидів сульфурі й нітрогену водяною парою з температурою 150°C.

Суміш оксидів сульфурі, нітрогену, оксидів карбону і водяної пари охолоджується в теплообміннику АТ1 до 20°C і далі надходить у сепаратор С1.

Рідина з розчиненими в ній оксидами сульфуру й нітрогену із сепаратора С1 надходить у теплообмінник АТ2, де нагрівається до 90°C і далі прямує в сепаратор С2, де газу відділяються від рідини й знову повертаються в теплообмінник АТ1. Відділені в сепараторі С1 від рідини газу надходять на стадію абсорбції.

Абсорбер АБ зрошується циркулюючою амонізованою рідиною, до складу якої входить етилендіамінтетраоцтова кислота (ЕДТК) з добавками сполук двовалентного заліза. При контактуванні рідини й газу поглинається 70-85% NO_x і 90% SO_2 . Частина рідини після абсорбера відводять на окиснення, яке проводять, барботуючи через розчин бісульфату амонію атмосферне повітря. Продукти реакції підкисляють сірчаною кислотою до $\text{pH}=0,5$, потім охолоджують у холодильнику до 0-(-10) °С, що дозволяє кристалізувати 90% ЕДТК. Її відокремлюють від розчину в центрифугі й повертають в абсорбер. Імідодисульфат амонію й дитіонат, що втримуються в матковій рідині, розкладають при нагріванні до 120-130°C і при тиску 0,3 МПа до сульфату амонію. Оксид сульфуру, що виділився, направляють в основний абсорбер. Потім рідину нейтралізують аміаком, концентрують, звільняють від сполук заліза й направляють на кристалізацію сульфату амонію. Сульфат амонію може бути використаний у якості добрива.

Очищені газу з енергоагрегату при температурі 160°C через димосос ДМ ідуть на димар ДТ.

6.3 Розрахунок емісії важких металів з енергоблоків

Розглядається енергоблок з котлом, призначеним для факельного спалювання вугілля з високим вмістом летких, типу газового або довгополуменевого, з рідким шлаковидаленням. Номінальна паропродуктивність котла енергоблока становить 950 т/год, а середня фактична паропродуктивність – 760 т/год. На ньому застосовується ступенева подача повітря та рециркуляція димових газів. Пароперегрівачі котла очищуються при зупинці блока. Для уловлювання твердих частинок використовується електростатичний фільтр типу

ЕГА з ефективністю золовловлення 0,985. Установки для очищення димових газів від оксидів азоту та сірки відсутні. За звітний період використовувалось таке паливо:

- донецьке газове вугілля марки ГР – 1 096 363 т;
- високосірчистий мазут марки 40 – 70 945 т;
- природний газ із газопроводу Уренгой-Ужгород – 84 762 тис. м³.

Потрібно оцінити валовий викид твердих частинок та важких металів при спалюванні вугілля, мазуту та природного газу.

За даними елементного та технічного аналізу склад горючої маси вугілля марки ГР такий, %:

| | | |
|------------------------------|---|-------|
| вуглець (C^{daf}) | – | 81,0; |
| водень (H^{daf}) | – | 5,4; |
| кисень (O^{daf}) | – | 7,7; |
| азот (N^{daf}) | – | 1,5; |
| сірка (S^{daf}) | – | 4,4; |
| леткі речовини (V^{daf}) | – | 40,0. |

Нижча теплота згоряння горючої маси вугілля становить 31,98 МДж/кг.

Вміст золи та вологи на робочу масу:

| | | |
|------------------|---|--------|
| зола (A^r) | – | 25,20; |
| волога (W^r) | – | 10,00; |

Склад горючої маси мазуту такий, %:

| | | |
|----------------|---|--------|
| вуглець | – | 85,50; |
| водень | – | 11,20; |
| кисень та азот | – | 0,80; |
| сірка | – | 2,50. |

Нижча теплота згоряння горючої маси мазуту дорівнює 40,40 МДж/кг, вологість робочої маси палива — 2,00 %, зольність сухої маси — 0,15 %, вміст ванадію за формулою (13) $C_V = 2222 \cdot 0,15 = 333,3$ мг/кг.

Об'ємний склад сухої маси природного газу становить, %:

| | | |
|---|---|--------|
| метан (CH ₄) | – | 98,90; |
| етан (C ₂ H ₆) | – | 0,12; |
| пропан (C ₃ H ₈) | – | 0,011; |
| бутан (C ₄ H ₁₀) | – | 0,01; |
| вуглекислий газ (CO ₂) | – | 0,06; |
| азот (N ₂) | – | 0,90. |

Об'ємна нижча теплота згоряння газу дорівнює 33,08 МДж/м³, густина – 0,723 кг/м³ при нормальних умовах.

6.3.1 Викиди під час спалювання вугілля

Перерахунок характеристик вугілля

Складові та характеристики вугілля повинні бути перераховані з горючої на робочу масу за формулами наведеними в таблиці 4.3.

Наприклад для вуглецю:

$$C^r = C^{daf} \cdot (100 - W^r - A^r)/100 = 81,0 \cdot (100 - 10,0 - 25,2)/100 = 52,49 \%$$

Аналогічно розраховується вміст інших компонентів робочої маси вугілля.

За даними перерахунку горючої маси склад робочої маси вугілля марки ГР такий, %:

| | | |
|----------------------------------|---|--------|
| вуглець (C ^r) | – | 52,49; |
| водень (H ^r) | – | 3,50; |
| кисень (O ^r) | – | 4,99; |
| азот (N ^r) | – | 0,97; |
| сірка (S ^r) | – | 2,85; |
| легкі речовини (V ^r) | – | 25,92. |

Нижча теплота згоряння з горючої маси Q_i^{daf} на робочу Q_i^r перераховується за формулою:

$$Q_i^r = Q_i^{daf} \frac{100 - W^r - A^r}{100} - 0,025 W^r$$

$$Q_i^r = 31,98 \frac{100 - 10,0 - 25,2}{100} - 0,025 \cdot 10,0 = 20,47 \text{ МДж/кг.}$$

Нижча теплота згоряння робочої маси вугілля становить 20,47 МДж/кг. Технічний аналіз уловленої золи та шлаку показав, що масовий вміст горючих речовин у леткій золі $\Gamma_{\text{вин}}$ дорівнює 1,5 %, а в шлаці $\Gamma_{\text{шл}}$ – 0,5 %.

Валовий викид твердих частинок

Показник емісії твердих частинок визначається як специфічний і розраховується за формулою:

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{твS}}.$$

Сіркоочисна установка відсутня, тому викиду твердих частинок сорбенту та продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки немає. Ефективність золоуловлювальної установки $\eta_{\text{зв}}$ за даними останніх випробувань становить 0,985. Показник емісії твердих частинок

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{20,47} \cdot 0,8 \cdot \frac{25,20}{100 - 1,5} (1 - 0,985) = 150 \text{ г/ГДж.}$$

За наступною формулою валовий викид

$$E_{\text{тв}} = 10^{-6} k_{\text{тв}} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 150 \cdot 20,47 \cdot 1096363 = 3366 \text{ Т.}$$

Валовий викид важких металів

Вміст важких металів у робочій масі вугілля становить, мг/кг:

свинець (Pb) – 14;

ртуть (Hg) – 0,14;

хром (Cr) – 47;

нікель (Ni) – 26;

мідь (Cu) – 29;

цинк (Zn) – 40;

арсен (As) – 20.

При спалюванні вугілля показник емісії важкого металу визначається за формулою:

$$k_{\text{вм}} = \frac{c_{\text{вм}}}{Q_i^r} [a_{\text{вин}} f_{\text{зб}} (1 - \eta_{\text{зв}}) (1 - f_r) + f_r (1 - \eta_{\text{гзу}})] \text{ , г/ГДж.}$$

З наявних у вугіллі важких металів ртуть і арсен частково виходять з палива в газоподібному вигляді. За даними (розділ 4) ця частка становить 0,9 (для Hg) і 0,005 (для As). Для решти важких металів вона дорівнює нулю. Ефективність уловлювання в золоуловлювальній установці газоподібної ртуті та арсену $\eta_{\text{гзу}}$ дорівнює 0,35. При ефективності золоуловлювача 0,985 коефіцієнт збагачення важких металів становить:

| | | Ступінь уловлення | |
|--------------|-----------------------------|-------------------------|----------------|
| | | $0,97 < \eta \leq 0,99$ | $\eta = 0,985$ |
| Арсен (As) | $= 175 \cdot \eta - 167,75$ | | 4,625 |
| Хром (Cr) | 1,0 | | 1 |
| Мідь (Cu) | $= 60 \cdot \eta - 57,10$ | | 2 |
| Ртуть (Hg) | 1,0 | | 1 |
| Нікель (Ni) | $= 95 \cdot \eta - 90,75$ | | 2,825 |
| Свинець (Pb) | $= 175 \cdot \eta - 167,25$ | | 5,125 |
| Цинк (Zn) | $= 205 \cdot \eta - 195,55$ | | 6,375 |

Показник емісії ртуті (Hg) за формулою складе:

$$k_{\text{Hg}} = \frac{c_{\text{Hg}}}{Q_i^r} [a_{\text{вин}} f_{\text{зб}} (1 - \eta_{\text{зв}}) (1 - f_r) + f_r (1 - \eta_{\text{гзу}})]$$

$$k_{\text{Hg}} = \frac{0,14}{20,47} [0,8 \cdot 1 \cdot (1 - 0,985) (1 - 0,9) + 0,9 \cdot (1 - 0,35)] = 0,004 \text{ г/ГДж}$$

Показник емісії нікелю (Ni) за формулою складе:

$$k_{\text{Ni}} = \frac{c_{\text{Ni}}}{Q_i^r} [a_{\text{вин}} f_{\text{зб}} (1 - \eta_{\text{зв}}) (1 - f_r) + f_r (1 - \eta_{\text{гзу}})]$$

$$k_{\text{Ni}} = \frac{26}{20,47} [0,8 \cdot 2,825 \cdot (1 - 0,985) (1 - 0) + 0] = 0,043 \text{ г/ГДж}$$

За формулою валовий викид складе:

$$E_{\text{Hg}} = 10^{-6} k_{\text{Hg}} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,004 \cdot 20,47 \cdot 1096363 = 0,09 \text{ т.}$$

$$E_{\text{Ni}} = 10^{-6} k_{\text{Ni}} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,043 \cdot 20,47 \cdot 1096363 = 0,966 \text{ т.}$$

Аналогічно розраховуються показники емісії та валовий викид для інших важких металів.

Результати розрахунків зведено в таблицю 6.3.

Таблиця 6.3 – Розраховані значення викидів важких металів

| Важкий метал | As | Cr | Cu | Hg | Ni | Pb | Zn |
|------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Показник емісії, г/ГДж | 0,057 | 0,028 | 0,034 | 0,004 | 0,043 | 0,042 | 0,149 |
| Валовий викид, т | 1,282 | 0,618 | 0,763 | 0,090 | 0,966 | 0,944 | 3,355 |

Викиди під час спалювання мазуту

При використанні мазуту потрібно розрахувати викиди твердих частинок і мазутної золи у перерахунку на ванадій або п'ятиоксид ванадію.

Перерахунок характеристик мазуту

Для перерахунку складу палива на робочу масу застосовуються множники.

Склад робочої маси мазуту такий:

$$\text{вуглець} \quad - 85,50 \cdot (100 - 2,0 - 0,15) / 100 = 83,66 \%;$$

$$\text{водень} \quad - 11,20 \cdot (100 - 2,0 - 0,15) / 100 = 10,96 \%;$$

$$\text{кисень та азот} \quad - 0,80 \cdot (100 - 2,0 - 0,15) / 100 = 0,78 \%;$$

$$\text{сірка} \quad - 2,50 \cdot (100 - 2,0 - 0,15) / 100 = 2,45 \%;$$

$$\text{зола} \quad - 0,15 \cdot (100 - 2,0) / 100 = 0,15 \%;$$

$$\text{ванадій (V)} \quad - 333,3 \cdot (100 - 2,0) / 100 = 327,4 \text{ мг/кг.}$$

Нижча теплота згоряння з горючої маси Q_i^{daf} на робочу Q_i^r перераховується за формулою:

$$Q_i^r = Q_i^{\text{daf}} \frac{100 - W^r - A^r}{100} - 0,025 W^r = 40,40 \frac{100 - 2,0 - 0,147}{100} - 0,025 \cdot 2,0 = 39,48 \text{ МДж/кг.}$$

Валовий викид твердих частинок

Показник емісії твердих частинок визначається як специфічний і розраховується за формулою:

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{Q_i^r} a_{\text{вин}} \frac{A^r}{100 - \Gamma_{\text{вин}}} (1 - \eta_{\text{зв}}) + k_{\text{тв},S} \text{ г/ГДж.}$$

Сірководоксидна установка відсутня, тому викиду твердих частинок сорбенту та продуктів взаємодії сорбенту та оксидів сірки немає. Масовий вміст горючих речовин у викиді твердих частинок $\Gamma_{\text{вин}}$ становить 0 %. Ефективність золоуловлювальної установки $\eta_{\text{зв}}$, за даними останніх випробувань, становить 0,985. Показник емісії твердих частинок

$$k_{\text{тв}} = \frac{10^6}{39,48} \cdot 1 \cdot \frac{0,15}{100 - 0} (1 - 0,985) = 0,57 \text{ г/ГДж.}$$

Тоді за формулою валовий викид

$$E_{\text{тв}} = 10^{-6} k_{\text{тв}} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,57 \cdot 39,48 \cdot 70945 = 1,60 \text{ т.}$$

Валовий викид ванадію

Показник емісії мазутної золи в перерахунку на ванадій розраховується за формулою:

$$k_{\text{v}} = \frac{c_{\text{v}}}{Q_i^r} (1 - \eta_{\text{ос}}) (1 - \eta_{\text{зв}(\text{v})}) \text{ г/ГДж.}$$

Частка ванадію $\eta_{\text{ос}}$, який осідає з твердими частинками на поверхнях нагріву, для котла з проміжними пароперегрівачами, очищення поверхонь яких провадиться під час зупинки, становить 0,07. Емпіричний коефіцієнт f_{v} для електростатичних фільтрів становить 0,6. Ефективність уловлювання ванадію електрофільтром під час спільного спалювання вугілля та мазуту:

$$\eta_{\text{зв}(\text{v})} = 1 - \frac{1 - \eta_{\text{зв}}}{f_{\text{v}}} = 1 - \frac{1 - 0,985}{0,6} = 0,975.$$

Показник емісії мазутної золи в перерахунку на ванадій

$$k_{\text{v}} = \frac{327,4}{39,48} (1 - 0,07) (1 - 0,975) = 0,19 \text{ г/ГДж.}$$

Тоді валовий викид ванадію

$$E_v = 10^{-6} k_e Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,19 \cdot 39,48 \cdot 70945 = 0,53 \text{ т.}$$

Показник емісії п'ятиоксиду ванадію

$$k_{V_2O_5} = 1,8k_v = 1,8 \cdot 0,19 = 0,34 \text{ г/ГДж.}$$

Валовий викид п'ятиоксиду ванадію

$$E_{V_2O_5} = 10^{-6} k_{V_2O_5} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,34 \cdot 39,48 \cdot 70945 = 0,95 \text{ т.}$$

Викиди під час спалювання природного газу

Перерахунок характеристик природного газу

Масова нижча теплота згорання Q_i^r :

$$Q_i^r = Q_i^{daf} = Q_{iv}^{daf} / \rho_n = 33,08 / 0,723 = 45,75 \text{ МДж/кг.}$$

Масова витрата природного газу:

$$B = B_v \rho_n = 84\,762 \cdot 10^3 \cdot 0,723 = 61\,252 \text{ т.}$$

Валовий викид ртуті

Показник емісії ртуті розраховується за формулою:

$$k_{Hg} = (k_{Hg})_0 (1 - \eta_{гзу})$$

Ефективність уловлювання в золоуловлювальній установці газоподібної ртуті $\eta_{гзу}$ дорівнює 0,35. Показник емісії ртуті без використання золоуловлювальної установки $(k_{Hg})_0$ $1 \cdot 10^{-4}$ г/ГДж.

$$k_{Hg} = 1 \cdot 10^{-4} \cdot (1 - 0,35) = 0,000065 \text{ г/ГДж}$$

Валовий викид ртуті під час спалювання природного газу складе:

$$E_{Hg} = 10^{-6} k_{Hg} Q_i^r B = 10^{-6} \cdot 0,000065 \cdot 45,75 \cdot 61252 = 0,00018 \text{ т.}$$

Значення викидів всього розглянутого спектру твердих частинок та важких металів щодо кожного палива та загалом заносимо в таблицю 6.4.

Паливо умовне - одиниця обліку органічного палива, що застосовується для зіставлення ефективності різних видів палива та сумарного обліку їх. В якості

одиниці т.п. приймається 1 кг палива з теплою згоряння 29,3 МДж/кг.

Співвідношення між т.п. і натуральним паливом виражається формулою:

$$B_v = \frac{Q_i^r}{29,3} \cdot B_H$$

де B_v – маса еквівалентної кількості умовного палива, кг;

B_H – маса натурального палива, кг (тверде та рідке паливо) або м³ (газоподібне);

Q_i^r – нижча робоча теплота згоряння даного натурального палива, МДж/кг.

Для вугілля перерахунок в т.у.п.:

$$B_v = \frac{20,47}{29,3} \cdot 1096363 = 765957,4 \text{ т.у.п.}$$

Для мазуту перерахунок в т.у.п.:

$$B_v = \frac{39,48}{29,3} \cdot 70945 = 95594,2 \text{ т.у.п.}$$

Для природного газу перерахунок в т.у.п.:

$$B_v = \frac{33,08}{29,3} \cdot 84762 = 95697,2 \text{ т.у.п.}$$

Таблиця 6.4 – Валові викиди, т, твердих частинок та важких металів

| Викид | Вугілля | Мазут | Природний газ | Всього |
|-------------------------------|-----------|----------|---------------|----------|
| Тверді частинки | 3366 | 1,60 | 0 | 3367,6 |
| Pb | 0,944 | 0 | 0 | 0,944 |
| Hg | 0,09 | 0 | 0,00018 | 0,09018 |
| Cr | 0,618 | 0 | 0 | 0,618 |
| Ni | 0,966 | 0 | 0 | 0,966 |
| Cu | 0,763 | 0 | 0 | 0,763 |
| Zn | 3,355 | 0 | 0 | 3,355 |
| As | 1,282 | 0 | 0 | 1,282 |
| V ₂ O ₅ | 0 | 0,95 | 0 | 0,95 |
| Всього | 3374,018 | 2,55 | 0,00018 | 3376,568 |
| Витрата палива, (т.у.п.) | 765 957,4 | 95 594,2 | 95 697,2 | 957248,8 |

Таким чином проведені розрахунки показують що при спалюванні на енергоблоках вугілля призводить до викиду великої кількості важких металів та твердих суспендованих частинок. На жаль більшість теплових електростанцій працюють саме на вугіллі до того ж ТЕС використовуються для регулювання

виробітку електроенергії у пікові години. Тому на ТЕС може постійно змінюватися режими горіння, що може призвести до ведення процесу не в оптимальних параметрах, тому ще гірших екологічних показниках. Дослідження, що проводяться на кафедрі ХІЕ СНУ ім. В. Даля з окислення вугілля в рідкому високотемпературному теплоносії та адсорбції токсикантів в умовах механоактивації сорбенту покликані знизити викиди саме твердих частинок та забезпечити повноту окиснення вуглецю.

6.4 Опис роботи основного обладнання

Адсорбер з інтегрованим механохімічним активатором сорбенту являє собою набір циліндрів, поміщених у цегельний корпус, але не з'єднаних з ним нерухомо. Стінки циліндрів виконані зі сталі, товщина стінок 5 мм, 50% площі стінок займають віконця з перфорованої решітки з діаметром гнізда 0,5 мм. У середині кожного із циліндрів розташовані лопатки, які при обертанні циліндра забезпечують перемішування всередині нього диспергуючого матеріалу (скляних або металевих кульок). Вали обертання циліндрів розташовані на опорах на підшипниках. При обертанні стінки циліндрів не стикаються зі стінками корпусу. Циліндри приводяться в обертання електродвигунами.

Димові гази з казана надходять в адсорбер через штуцер А, зола – сорбент – через штуцер В. Після очищені димові гази разом з віднесеною золою виводяться з апарата через штуцер Б.

Конструкція корпусу й внутрішніх труб повинна бути розбірною для забезпечення можливості ремонту апарата й зміни режиму процесу (зміна кількості диспергуючого матеріалу в апараті, його типу й розмірів).

Діаметр гнізда перфорованої решітки: $d_{\text{яч.}} = 0,5 \text{ мм}$

Діаметр диспергуючого матеріалу: $d_{\text{д.м.}} = 1-1,2 \text{ мм}$

Кількість диспергуючого матеріалу: 50% внутрішнього об'єму

Знаходимо внутрішній об'єм адсорбера, що забезпечує задану об'ємну швидкість.

Об'ємна швидкість розраховується по формулі:

$$\psi = \frac{V_{GC}}{V_p}, [1/год]$$

де V_{GC} – витрата газової суміші, л/ч;

V_p – об'єм адсорбера, л.

Витрата газової суміші складе:

$$V_{GC} = \frac{1200000000 * 60}{240} = 300000000 \text{ л/ч}$$

Об'ємна швидкість: $\Psi = 1563 \text{ год}^{-1}$

Тоді внутрішній об'єм адсорбера складе:

$$V_{ад.} = \frac{300000000}{1563 * 1000} = 191,9 \text{ м}^3$$

Виходячи із внутрішнього об'єму адсорбера, його габарити складатимуть: 6х6х5,5 м.

В об'ємі апарата розміщено 65 труб, діаметром 0,5 м і довжиною 6 м. Відстань між центрами труб 0,87 м. Штуцер подачі димових газів в адсорбер кріпиться до його верхньої стінки по всій перетину апарата. Штуцер виходу очищених газів кріпиться до його нижньої стінки по всій перетину апарата.

Площа штуцера подачі димових газів складе:

$$S_{шт.} = 5,5 * 6 = 33 \text{ м}^2$$

Витрата димових газів: $G_{д.г.} = 333,3 \text{ м}^3/\text{с}$

Тоді швидкість подачі димових газів в активатор дорівнює:

$$v = \frac{333,3}{33} = 10 \text{ м/с}$$

Площа штуцера виходу очищених газів складе:

$$S_{шт.} = 5,5 * 6 = 33 \text{ м}^2.$$

7 Моніторинг забруднення атмосферного повітря

7.1 Організація системи спостережень за забрудненням повітряного басейну

Необхідність організації системи спостережень за забрудненням повітряного басейну в містах і інших промислово розвинених населених пунктах зумовлена тим, що на локальному і регіональному рівнях ступінь забруднення атмосфери може перевищувати санітарно-гігієнічні нормативи.

Характер тимчасової і просторової мінливості концентрації шкідливих домішок зумовлений рядом обставин, знання яких потрібне для забезпечення необхідної чистоти атмосферного повітря (АП). Основою для виявлення цих закономірностей і факторів служать спостереження за станом забруднення повітряного басейну. Від можливостей і якості спостережень, що проводяться, залежить ефективність всіх повітряохоронних заходів.

Спостереження за забрудненням атмосфери (ЗА) здійснюються в країнах СНД з початку 60-х років. Спочатку санітарно-епідеміологічною службою Мінздраву СРСР, а з 1964 р. Гідрометслужбою. Спостереження за ЗА почали проводити в Ленінграді, Мінську, Кишиневі з 1961 р., в Москві з 1963 р. На території України спостереження за ЗА почали проводити з 1961 р.; в Донецьку з 1964 р., в Запоріжжі з 1965 р., у Києві з 1966 р. У 1966 р. спостереження проводилися вже у 45 містах. У 2003 р. в Україні характеристики якості АП визначаються в 54 містах на 168 стаціонарних постах. Основний об'єм спостережень припадає на пил, CO, SO₂, NO₂.

Для отримання об'єктивної інформації про рівень забруднення атмосфери (РЗА) на базі гідрометеорологічної мережі спостережень, підрозділів Мінздраву СРСР і інших відомств в 1972 р. під керівництвом головного управління гідрометслужби (ГУГМС, далі Держкомгідромету) була створена загальнодержавна служба спостережень і контролю за станом атмосфери (ЗДССКА) в рамках ЗДССК, що займалася моніторингом забруднення природного середовища загалом.

Передача Держкомгідромету головних функцій в організації мережі станцій спостережень за ЗА зумовлена тим, що мережа моніторингу ЗА і гідрометеорологічна мережа формуються за однотипними принципами. Це: регулярність, єдність програм і методів спостережень, репрезентативність місць спостережень. Крім того, в рамках ЗДССКА характеристики ЗА визначаються одночасно з необхідними для їх інтерпретації метеорологічними показниками.

Наукові, методологічні основи організації мережі спостережень виконувала на території колишнього СРСР ГГО, де розроблені необхідні методичні вимоги щодо організації і функціонування ЗДССКА. В Україні подібні функції виконує УкрНІГМІ і підрозділи Міністерства охорони навколишнього природного середовища.

Основна мета моніторингу ЗА полягає у забезпеченні зацікавлених державних і суспільних органів, підприємств, установ і інших організацій систематичною інформацією про рівень ЗА і прогнози їх змін під впливом господарської діяльності і метеорологічних умов.

Стандартна мережа моніторингу повинна забезпечити надходження режимної інформації про ЗА, на основі якої можна вирішувати такі задачі: 1) оцінити рівень забруднення атмосфери (РЗА); 2) вивчити вплив забруднення повітряного басейну на захворюваність населення; 3) оцінити збиток, що наноситься сільському господарству, лісам, тваринництву, будівлям і спорудам; 4) спланувати розміщення промислових підприємств, визначати санітарно-захисні зони (СЗЗ); 5) уточнювати і перевіряти розрахункові методи розсіювання домішок від джерел; 6) оцінити фонове забруднення атмосфери [9].

Для успішного рішення всіх цих задач необхідно грамотно оцінити період і кількість спостережень, оптимальну кількість постів, методи вимірювань, програму роботи стандартної мережі моніторингу.

7.2 Категорії, розміщення і кількість постів спостережень за забрудненням атмосфери

Існуюча мережа спостережень за ЗА включає пости ручного відбору проб повітря для аналізу і автоматизовані системи спостережень і контролю навколишнього середовища АНКОС-АГ.

Постом спостереження є вибране місце (точка місцевості), на якому розміщують павільйон або автомобіль, обладнаний відповідними приладами.

Встановлюються пости спостережень трьох категорій: стаціонарні, маршрутні, пересувні (підфакельні).

Стаціонарний пост призначений для забезпечення безперервної реєстрації вмісту ЗР або регулярного відбору проб повітря для подальшого аналізу. З числа стаціонарних виділяють опорні стаціонарні пости, які призначені для виявлення довготривалих змін вмісту основних (пил, CO, SO₂, NO₂) і найбільш поширених специфічних ЗР. До основних в Україні рекомендовано віднести також формальдегід, бенз(а)пірен та Рв.

Маршрутний пост призначений для регулярного відбору проб повітря, коли неможливо (недоцільно) встановити стаціонарний пост або необхідно більш детально вивчити стан ЗА в окремих районах, наприклад, в нових житлових районах. Це також регулярні спостереження, але за допомогою спеціально обладнаних машин, які переміщуються визначеним маршрутом. Порядок об'їзду маршрутних постів (заздалегідь вибраних точок на місцевості) повинен бути один і той же, щоб відбір проб в кожній точці призначався одними і тими ж строками діб.

Автомобілі з апаратурою випускаються серійно. Продуктивність їх біля 5000 проб на рік (8-10 проб щодня в 4-5 точках) [10].

Пересувний (підфакельний) пост призначений для відбору проб під димовим (газовим) факелом з метою виявлення зони впливу даного джерела промислових викидів. Відбір проб здійснюється також за допомогою спеціально обладнаної автомашини. Підфакельні пости являють собою точки, розташовані на

фіксованих відстанях від джерела. Вони переміщуються відповідно до напрямку факела джерела викидів, що обстежується.

Репрезентативність спостережень за станом ЗА в місті залежить від правильності розташування поста на території, що обстежується.

При виборі місця розміщення посту потрібно встановити, яку інформацію чекають отримати: РЗА, характерний для даного району міста, або концентрацію домішок в конкретній точці, що перебуває під впливом викидів окремого промислового підприємства, великої автомагістралі.

У першому випадку пост повинен бути розташований на ділянці, яка не підлягає впливу окремо розташованих джерел викидів (завдяки перемішуванню міського повітря РЗА буде визначатися всіма джерелами викидів).

У другому випадку пост розміщується в зоні максимальних концентрацій домішки, яку надає джерело, яке нас цікавить.

Кожний пост розміщується на відкритому майданчику, що провітрюється з усіх боків з непиловим покриттям: на асфальті, твердому ґрунті, газоні. Якщо пост розміщено на вузькій вулиці, під деревами, поблизу високих будівель, низького джерела, то він буде характеризувати РЗА в даному місці і або буде його занижувати (поглинання кронами дерев), або завищувати (внаслідок відсутності перемішування).

Необхідність організації контролю ЗА в зоні антропогенного впливу визначається попередніми експериментами і теоретичними дослідженнями. Обстеження території проводять, як правило, пересувними лабораторіями протягом 1-2 років. Метод називається рекогносцирувальним і широко використовується як у нас, так і закордоном. На карту-схему міста наноситься координатна сітка з кроком 0,1, 0,5 або 1,0 км, потім у вузлах сітки відбирають проби повітря і аналізують. З другого боку за допомогою математичних моделей розраховуються поля концентрацій з урахуванням метеорологічних факторів, характерних для регіону, що вивчається, а також з урахуванням характерних джерел забруднення. Подібним чином визначаються зони впливу промислових

комплексів і порівнюють модельні значення з вимірними. Якщо виявилось, що існує імовірність зростання концентрації домішки вище встановлених норм, то в цьому районі необхідно встановити спостереження. При цьому за генеральним планом розвитку міста враховуються перспективи розміщення великих джерел викидів і житлових районів. Так, встановлюється необхідність створення системи моніторингу в тому або іншому районі і розробляється програма її роботи. При цьому потрібно враховувати повторюваність напрямку вітру над територією міста. При певних напрямках викиди від підприємств можуть створювати загальний факел, порівняний з факелом великого джерела. Якщо повторюваність таких напрямків досить велика, то зона максимального рівня забруднення буде в 2 - 4 км від основної групи підприємств з високими джерелами і, звичайно, в 0,5-2 км від підприємств з низькими джерелами. Також зона найбільших максимальних разових і середньодобових концентрацій відзначається поблизу магістралі інтенсивного руху транспорту (вплив цей простежується на відстані 50 - 100 м) [9].

Таким чином, стаціонарні і маршрутні пости розміщуються в місцях, вибраних на основі попереднього дослідження ЗА міста промисловими викидами, автотранспортом, побутовими і іншими джерелами і вивчення метеорологічних умов розсіювання домішок шляхом епізодичних спостережень, розрахунків полів максимальних концентрацій домішок.

Пости необхідно встановлювати в житлових, адміністративних районах; в районах з різним типом забудови; там, де відмічаються найбільші середні рівні, що перевищують встановлені порогові значення - ГДК; також в парках і інших зонах відпочинку.

Розміщення стаціонарних постів узгоджується з місцевими органами Гідрометслужби і підрозділів Міністерства охорони здоров'я України.

Відкриття, закриття і перенесення здійснюються за „Настановою гідрометеорологічним станціям і постаам”.

Характер просторового розподілу шкідливих домішок в атмосфері промислового міста дуже складний. Тому багато які вчені вважають, що для контролю ЗА в місті необхідна велика кількість постів. Чим більше постів і якнайчастіше на них проводяться спостереження, тим повніше характеризуються тимчасові і просторові зміни стану ЗА.

Проблема необхідної і достатньої кількості постів спостережень в місті широко обговорюється в літературі. Стандартна мережа пунктів повинна відповідати таким вимогам:

- 1) необхідна мережа, яка дозволила б отримати просторово-часові закономірності розподілу домішки в атмосфері;
- 2) мережа вимагає певних матеріальних і трудових затрат;
- 3) збільшення числа постів призводить до різкого збільшення обсягу інформації, яка повністю не може бути використана.

Для визначення необхідної кількості постів використовуються статистичні методи: кореляційний, спектральний, метод інтерполяції з урахуванням помилки інтерполяції. Деякі вчені на основі змінюваності в рівнях середніх концентрацій і середніх квадратичних відхилень на 20 постах пропонують пости в місті розміщувати рівномірно і мати в розпорядженні 1 пост на 4 км² [10].

Результати досліджень [11] довели, що навіть при великій кількості постів і малих відстанях між ними (“фотографія поля ЗА”) значення концентрації домішок виходять зі значною похибкою через реальну помилку вимірювань, яка може бути більше за виміряне значення концентрації. На даному етапі більш важливо підвищити точність вимірювань, аніж збільшити кількість постів.

Число стаціонарних постів непрямо визначається в залежності від чисельності населення в місті, площі населеного пункту, рельєфу місцевості і міри індустріалізації, розосередженості місць відпочинку.

Виходячи з чисельності населення, кількість постів визначається за табл. 7.1. Кількість постів може бути збільшена в умовах складного рельєфу місцевості,

при наявності великої кількості джерел викидів (ДВ), а також якщо є унікальні парки, історичні споруди і т.д.

Таблиця 7.1 – Кількість контрольно-замірних постів в залежності від чисельності населення

| Чисельність населення, тис. чол. | 50 | 50-100 | 100-200 | 200-500 | 500-1000 | > 1 млн. |
|----------------------------------|----|--------|---------|---------|----------|--|
| Кількість постів | 1 | 2 | 3 | 3-5 | 5-10 | 10-20 стаціонарних та маршрутних |

При організації мережі ЗДССКА було рекомендовано встановлювати стаціонарні пости в містах з розрахунку 1 пост на 10-20 км² у рівнинній місцевості і 1 пост - на 5-10 км² в пересіченій.

Таким чином, найбільш правильним є економічний підхід: встановлення оптимальної кількості пунктів спостережень, що забезпечують мінімальні витрати при заданій похибці спостережень.

7.3 Програми і терміни спостережень

Регулярні спостереження на стаціонарних постах проводяться за однією з чотирьох програм спостережень: повній, неповній, скороченій, добовій.

Повна програма: отримання інформації про разові і середньодобові концентрації щодня шляхом безперервної реєстрації за допомогою автоматичних пристроїв або дискретно через рівні інтервали часу не менш 4 разів при обов'язковому відборі в 1, 7, 13, 19 годин за місцевим декретним часом.

Неповна програма: отримання інформації про разові концентрації щоденно в 7, 13, 19 годин місцевого декретного часу.

Скорочена програма: отримання інформації тільки про разові концентрації щодня в 7 і 13 годин місцевого декретного часу; допускається проведення спостережень за скороченою програмою при температурі менше за 45°C і в місцях,

де середньомісячні концентрації нижчі за $1/20$ ГДК_{мр} або нижньої межі діапазону вимірювань концентрації домішки за допомогою метода, що використовується.

Добова програма: отримання інформації про середньодобову концентрацію. Спостереження проводяться шляхом безперервного добового відбору проб і не можна отримати разові концентрації.

Всі програми дозволяють отримати концентрації середньомісячні, середньорічні і середні за більш тривалий термін.

Одночасно з відбором проб повітря визначають такі метеорологічні параметри: напрям і швидкість вітру, температура повітря, стан погоди і підстилаючої поверхні. Для стаціонарних постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в один бік. Допускається не проводити спостереження у неділю і святкові дні [11].

Спостереження на маршрутних постах проводяться по повній, неповній і скороченій програмі. Для цих постів допускається зміщення всіх термінів спостережень на 1 годину в обидва боки від стандартних термінів.

Терміни відбору проб повітря при підфакельних спостереженнях повинні забезпечити виявлення найбільших концентрацій домішок, пов'язаних з особливостями режиму викидів і метеорологічних умов розсіювання домішок і вони можуть відрізнятися від термінів на стаціонарних і маршрутних постах.

У період несприятливих метеорологічних умов (НМУ), що супроводжуються високим ЗА, проводять спостереження через кожні 3 години. Проби відбирають в місцях з найбільшою щільністю населення (на стаціонарних і маршрутних) або під факелом основних джерел забруднення.

8 Еколого-економічні розрахунки

На кафедрі ХІЕ Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля проводяться дослідження з сорбції токсикантів з димових газів ТЕС в умовах механохімативації. Багато робіт з даної тематики опубліковано доцентом кафедри ХІЕ Кудрявцевим Сергієм Олександровичем та іншими співробітниками, аспірантами. Ще один напрямок, що розробляється на кафедрі – окиснення вугілля та вуглецьвміщуючих речовин в розплаві високотемпературного теплоносія, це дозволить значно скоротити викиди твердих частинок (будуть залишатися в розплаві) та забезпечити максимальну глибину переробки вуглецю.

Запропонований комбінований метод знешкодження збросових газів ТЕС із застосуванням механохімативації сорбенту забезпечить:

- відмову від споживання дорогих сорбентів;
- можливість безперервного здійснення процесу;
- зменшення розмірів абсорбційного устаткування;
- знизити концентрації оксидів сірки, моно оксиду вуглецю та зважених частинок (пил, зола, важкі метали) в скидних газах.

Розрахунки показали, що при спалюванні на енергоблоці донецького газового вугілля марки ГР в кількості 1 096 363 т, за наступних умов: енергоблок з котлом, призначеним для факельного спалювання вугілля з високим вмістом летких, типу газового або довгополуменевого, з рідким шлаковидаленням; застосовується ступенева подача повітря та рециркуляція димових газів. Пароперегрівачі котла очищуються при зупинці блока. Для уловлювання твердих частинок використовується електростатичний фільтр типу ЕГА з ефективністю золотловлення 0,985. Валовий викид пилу складе 3366 т. Ступінь очистки від пилу, при використанні запропонованих методів, складає 90%.

8.1 Узагальнена оцінка відверненого еколого-економічного збитку від зменшення промислових викидів в навколишнє середовище

Вихідні дані:

1. Район розташування підприємства – південніше 50° п.ш.
2. Площа підприємства – $46,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2$.
3. Кількість опадів у рік – менше 400 мм.
4. Середньорічний модуль швидкості вітру – 2,4 м/сек.
5. Середньорічна температура повітря +10 °С
6. Роза вітрів – відносно близька до кругової.
7. Середньорічні дані по напрямку вітру:
 - 10% південно східне – убік населеного пункту,
 - 30% південне – убік зрошувальних орних земель,
 - 40% південно-західне – убік дачних ділянок,
 - 20% північно-західне – убік лісів 2-ої категорії.
8. Підприємство розташоване в межах міста.
9. Щільність населення – 20 осіб/га.
10. Кількість джерел викидів – 1.
11. Висота джерела викиду – 170 м.
12. Середньорічна температура в усті приведенного джерела викидів – 79,1 °С, отже $\Delta T = 79,1 - 10 = 69,1 \text{ °С}$

Перелік речовин, що викидаються виробництвом до і після впровадження заходів представлено в табл. 8.1.

Таблиця 8.1 - Склад газових викидів до і після впровадження заходів

| Склад газових викидів | діючого виробництва | | після впровадження заходів | |
|-----------------------|---------------------|--------|----------------------------|--------|
| | т | % мас. | т | % мас. |
| Пил | 3366 | 100,0 | 336,6 | 100,0 |
| Усього | 3366 | 100 | 336,6 | 100 |

8.1.1 Визначення еколого-економічного збитку до виконання природоохоронного заходу

Відвернений еколого-економічний збиток визначається за формулою:

$$Y_a = \gamma \cdot \sigma \cdot f \cdot \Delta M, \quad (8.1)$$

де Y_a – відвернений економічний збиток від промислових викидів в атмосферу;

γ – константа, що показує розмір шкоди, яка завдається при надходженні в природне середовище 1 т умовної забруднюючої речовини, грн./ум.т; $\gamma = 2,4$ грн./ум.т;

σ – безрозмірна величина, показник відносної небезпеки забруднення атмосфери промисловими викидами в межах окремих територій, що називають зонами активного забруднення (ЗАЗ);

f – коефіцієнт розсіювання домішок в атмосфері, який залежить від фракційного складу;

ΔM – зниження приведеної маси домішок, що викидаються джерелом в атмосферне повітря.

Зона активного забруднення ЗАЗ неоднорідна (населений пункт, зрошувальні орні землі, дачні ділянки, ліси II-ї групи), тому необхідно розрахувати показник σ для кожної частини ЗАЗ.

Визначимо загальну площу ЗАЗ:

$$S_{ЗАЗ} = \pi \cdot (r_{ЗАЗ}^{зовн})^2 - \pi \cdot (r_{ЗАЗ}^{внутр})^2, \quad (8.2)$$

Радіуси зовнішньої і внутрішньої межі ЗАЗ:

$$r_{ЗАЗ}^{зовн} = 20\varphi h, \quad (8.3)$$

$$r_{ЗАЗ}^{внутр} = 2\varphi h, \quad (8.4)$$

Розрахуємо φ за формулою:

$$\varphi = 1 + \frac{\Delta T}{75^\circ C} = 1 + \frac{69,1}{75} = 1,92$$

$$r_{ЗАЗ}^{зовн} = 20 \cdot 1,92 \cdot 170 = 6528 \text{ м}$$

$$r_{ЗАЗ}^{внутр} = 2 \cdot 1,92 \cdot 170 = 652,8$$

$$S_{ЗАЗ} = \pi \cdot (6528)^2 - \pi \cdot (652,8)^2 = \pi \cdot (42614784 - 426147,84) = 132,47 \cdot 10^6 \text{ м}^2$$

$$S_{II} = 46,1 \cdot 10^6 \text{ м}^2.$$

На підставі середньорічних даних по напрямку вітру знаходимо площі забруднення населеного пункту, лісів II-ої категорії, зрошувальних орних земель та дачних ділянок:

$$S_{\text{н.п.}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,1 = 8,637 \cdot 10^6;$$

$$S_{\text{л}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,2 = 17,274 \cdot 10^6;$$

$$S_{\text{о.з.}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,3 = 25,911 \cdot 10^6;$$

$$S_{\text{д}} = (132,47 - 46,1) \cdot 10^6 \cdot 0,4 = 34,548 \cdot 10^6.$$

Визначаємо значення відносного показника небезпеки за формулою:

$$\sigma_{\text{зАз}} = \frac{S_{\text{п}}}{S_{\text{зАз}}} \cdot \sigma_{\text{п}} + \frac{S_{\text{н.п.}}}{S_{\text{зАз}}} \cdot \sigma_{\text{н.п.}} + \frac{S_{\text{з.з.}}}{S_{\text{зАз}}} \cdot \sigma_{\text{з.з.}} + \frac{S_{\text{д.д.}}}{S_{\text{зАз}}} \cdot \sigma_{\text{д.д.}} + \frac{S_{\text{л}}}{S_{\text{зАз}}} \cdot \sigma_{\text{л}} \quad (8.5)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{\text{зАз}} &= \frac{46,1 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 4 + \frac{8,637 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,1 \cdot 20 + \frac{25,911 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,25 + \frac{34,548 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 8 + \\ &+ \frac{17,274 \cdot 10^6}{132,47 \cdot 10^6} \cdot 0,1 = 0,348 + 0,0652 + 0,1956 + 0,2608 + 0,1304 = 1 \end{aligned}$$

Безрозмірний коефіцієнт f , що враховує характер розсіювання домішок в атмосфері знаходимо по формулі, приймаючи до уваги, що шкідливі викиди, що розглядаються, складаються в основному з газоподібних і дрібнодисперсних домішок з дуже малою швидкістю осідання (менш 1 м/сек.):

$$f = \frac{100(\text{м})}{100(\text{м}) + yh} \cdot \frac{4(\text{м/с})}{1(\text{м/сек}) + U}, \quad (8.6)$$

$$f = \frac{100}{100 + 1,92 \cdot 170} \cdot \frac{4}{1 + 2,4} = 0,2345 \cdot 1,1765 = 0,28$$

Зниження приведеної маси річного викиду забруднень від джерела знаходимо за формулою:

$$\Delta M = M_1 - M_2, \quad (8.7)$$

Значення M_1 і M_2 визначають за формулами:

$$M_1 = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i^1, \quad (8.8)$$

$$M_2 = \sum_{i=1}^n A_i \cdot m_i^2, \quad (8.9)$$

де i – вид домішки, що викидається, ($=1, 2, \dots, n$)

n – число домішок, що викидаються джерелом забруднення

A_i – показник відносної агресивності домішки кожного виду, ум.т/рік

m_i^1 і m_i^2 – маса домішки кожного виду, що викидається продуктом забруднення в атмосферне повітря, відповідно до i після запровадження в дію природоохоронного об'єкта (установки), т/рік.

Показник відносної агресивності визначаємо за формулою:

$$A_i = a_i \cdot \alpha_i \cdot \delta_i \cdot \lambda_i \cdot \beta_i, \quad (8.10)$$

$$a_i = \sqrt{\frac{60 \text{ мг/м}^3}{\text{ПДК}_{\text{ср.сут.і}} \cdot \text{ПДК}_{\text{р.з.і}}}}, \quad (8.11)$$

– для коксового пилу (пил неорганічний):

$$a_{\text{пк}} = \sqrt{\frac{60}{0,1 \cdot 6}} = 10 \quad \alpha_{\text{пк}} = 2; \quad \delta_{\text{пк}} = 1,2; \quad \lambda_{\text{пк}} = 1; \quad \beta_{\text{пк}} = 1 \quad A_{\text{пк}} = 10 \cdot 2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 = 24$$

Отримані значення підставляємо в формулу для розрахунку приведених мас річних викидів:

$$M_1 = 24 \cdot 3366000 = 80784 \cdot 10^3 \text{ кг або } 80784 \text{ т};$$

$$M_2 = 24 \cdot 336600 = 80784 \cdot 10^2 \text{ кг або } 8078,4 \text{ т};$$

$$\Delta M = 80784 - 8078,4 = 72705,6 \text{ т.}$$

Еколого-економічний збиток становить

$$\text{- по базовому варіанту: } Y_{\text{а.баз.}} = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 80784 = 54286,85 \text{ грн./рік.};$$

$$\text{- по проектуваному варіанту: } Y_{\text{а.проект}} = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 8078,4 = 5428,7 \text{ грн./рік.}$$

Відвернений еколого-економічний збиток:

$$\Delta Y_a = Y_{\text{а.баз.}} - Y_{\text{а.проект}} = 54286,85 - 5428,7 = 48858,15 \text{ грн./рік, або}$$

$$\Delta Y_a = 2,4 \cdot 1 \cdot 0,28 \cdot 72705,6 = 48858,2 \text{ грн./рік.}$$

8.2 Визначення еколого-економічних результатів, отриманих при розробці проектуваних заходів

Зниження розміру сплати зборів за забруднення за рахунок зменшення забруднення навколишнього середовища для атмосферного повітря визначається за формулою:

$$\Delta D_z = \sum_{i=1}^n (\Delta M_i \cdot H_{\text{бі}}) = \sum_{i=1}^n (M_{1_i} \cdot H_{\text{бі}}) - \sum_{i=1}^n (M_{2_i} \cdot H_{\text{бі}}), \quad (8.12)$$

де ΔM_i - зміна обсягу викиду i -тої забруднюючої речовини в тонах до і після впровадження заходів;

H_{oi} - норматив збору за тону i -тої забруднюючої речовини, у гривнях (грн./т);

Згідно з Податковим кодексом України ставки податку за викиди в атмосферне повітря окремих забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення з 01.01.2018 р. мають такий розмір (п. 243.1 ст. 243 Податкового кодексу): для твердих речовин – 92,37 грн./т. Отже розмір сплати зборів за забруднення до і після впровадження природоохороного заходу складе:

$$D_{z_1} = 3366 \cdot 92,37 = 310917,42 \text{ грн./рік,}$$

$$D_{z_2} = 336,6 \cdot 92,37 = 31091,7 \text{ грн./рік,}$$

$$\Delta D_z = 310917,42 - 31091,7 = 279825,72 \text{ грн./рік.}$$

Еколого-економічний результат визначається за формулою:

$$P = \Delta Y_a + \Delta D, \quad (8.13)$$

$$P = 48858,15 + 279825,72 = 328683,87 \text{ грн.}$$

Розрахунок показників еколого-економічної оцінки проекту в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 – Показники еколого-економічної оцінки проєктованих заходів

| Показники | Одиниці вимірювання | Діюче виробництво | Проектоване виробництво | Зміна показників, % |
|---|---------------------|-------------------|-------------------------|---------------------|
| Еколого-економічний збиток | грн. | 54286,85 | 5428,7 | -48858,15 |
| Плата за забруднення навколишнього середовища | грн. | 310917,42 | 31091,7 | -90 |
| Усунений еколого-економічний збиток | грн. | - | 48858,15 | - |
| Загальний еколого-економічний результат проекту | тис. грн. | | 328,68 | |

В результаті отриманих даних можна зробити висновок, що запропоновані техніко-екологічні рішення з економічної точки зору є доцільними, при впровадженні яких плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 279,8 тис. грн./рік, еколого-економічний результат складе 328,68 тис. грн. Необхідно відмітити, що це попередні розрахунки без врахування вартості адсорберу та заміни котлоагрегату.

Висновки

В даному дипломному проекті було розглянуто вплив твердопаливних котлів на стан атмосферного повітря. Зокрема проведені розрахунки з визначення викидів важких металів та зважених частинок (пилу) при спалюванні різних видів палива – вугілля, мазуту та природного газу на енергоблоках.

Визначено, що найбільшої шкоди довкіллю завдають котли, що працюють на вугіллі. На жаль, більшість з них працюють саме на вугіллі. До того ж теплоелектростанції використовуються для регулювання виробництва електроенергії в єдину енергетичну систему України у пікові години. Тому на теплоелектростанціях може постійно змінюватися режими горіння, що може призвести до ведення процесу не в оптимальних параметрах, тому ще гірших екологічних показниках. Дослідження, що проводяться на кафедрі ХІЕ СНУ ім. В. Даля з окислення вугілля в рідкому високотемпературному теплоносії та адсорбції токсикантів з димових газів покликані знизити викиди саме твердих частинок та забезпечити повноту окиснення вуглецю.

Запропонований комбінований метод – спалювання вугілля в розплаві та очистки скидних газів теплоелектростанцій із застосуванням механохімактивації сорбенту забезпечить: відмову від споживання дорогих сорбентів; можливість безперервного здійснення процесу; зменшення розмірів устаткування; знизити концентрації оксидів сірки, моно оксиду вуглецю та зважених частинок (пил, зола, важкі метали) в скидних газах.

Запропоновані техніко-екологічні рішення – є доцільними, при впровадженні яких плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 279,8 тис. грн./рік, загальний еколого-економічний ефект – 328,68 тис. грн (без врахування вартості адсорберу та заміни котлоагрегату).

Анотація

В даному дипломному проєкті було розглянуто вплив енергоблоків на стан атмосферного повітря. Зокрема проведені розрахунки з визначення викидів важких металів та зважених частинок (пилу) при спалюванні різних видів палива – вугілля, мазуту та природного газу.

Запропонований комбінований метод – спалювання вугілля в розплаві та очистки скидних газів ТЕС із застосуванням механохімактивації сорбенту, що дозволить скоротити викиди в атмосферу. В результаті запропонованого рішення загальний еколого-економічний ефект складе 328,68 тис. грн.

Аннотация

В данном дипломном проекте было рассмотрено влияние энергоблоков на состояние атмосферного воздуха. Проведены расчеты по определению выбросов тяжелых металлов и взвешенных частиц (пыли) при сжигании различных видов топлива - угля, мазута и природного газа.

Предложенный комбинированный метод - сжигание угля в расплаве и очистки сбросных газов ТЭС с применением механохимической активации сорбента, позволит сократить выбросы в атмосферу. В результате предложенного решения общий эколого-экономический эффект составит 328,68 тыс. грн.

Annotation

In this thesis project, the influence of power units on the state of atmospheric air was considered. Calculations were made to determine the emissions of heavy metals and suspended particles (dust) during the combustion of various types of fuel - coal, fuel oil and natural gas.

The proposed combined method - burning coal in the melt and purification of waste gases from TPPs using mechanochemical activation of the sorbent, will reduce emissions into the atmosphere. As a result of the proposed solution, the overall environmental and economic effect will amount to 328.68 thousand grn UAH.

Література

1. П.С. Белов, І.А. Голубєв, С.А. Низова Екологія виробництва хімічних продуктів із вуглеводородів нафти і газу. М.:Хімія,1991.
2. Енергетична стратегія України на період до 2030 року та подальшу перспективу (проект). Мінпаливенерго та НАН України, 2003.
3. Підсумки роботи електроенергетики у 2003 році: Звіт Мінпаливенерго України за 2003 рік від 20.02.2004 р.
4. Квасова А.В., Зубцов Є.І., Тарасов В.Ю. Порівняльний аналіз технологій очистки скидних газів теплових електростанцій «Вісник СНУ ім. В. Даля», 2019. №7. с.32-34
5. Захист атмосфери від промислових забруднень; Дов. Вид.: В 2-х ч. Ч. 1: Пер. с англ./Під ред. С. Карверта, Г.М. Інглунда М.: Металургія, 1988-712 с.
6. Захист атмосфери від промислових забруднень: Дов. Вид.: В 2-х ч. Ч. 2: Пер. с англ./Під ред. С.Карверта, Г.М. Інглунда. М.: Металургія, 1988 – 712 с
7. А.І. Родіонов, В.Н. Клушин, Н.С. Торочешников Техніка захисту навколишнього середовища. -М.: Хімія, 1989-512с.
8. Жабо В.В. Охорона навколишнього середовища на ТЕС. Підручник для технікумів. - М.: Енергоатомвид, 1992-240с.
9. Хотунцев Ю.Л. Екологія и екологічна безпека: Навч. посібник для студ. вищ. пед. навч. закладів. – 2-е вид., перероб. – М.: Видавничий центр «Академія», 2004.– 480 с.
10. Ганз С.Н., Кузнєцов І.Е. Очистка промислових газів. Київ, 1967
11. Очистка промислових викидів і утилізація відходів. Збірник наукових праць. Л.,1985
12. Тимонин А.С. Інженерно-екологічний довідник. том 1, - Калуга: Видавництво Н.Бочкарьової, 2003. – 917с.
13. Короткий довідник фізико-хімічних величин. Вид. 8-е, перероб./Під ред. А.А. Равделя и А.М. Пономарьової – Л.: Хімія, 1983. – 232 с.

14. Довідник хіміка, том 5. Друге видавництво; перероб. і доповнене. Під ред. З.И. Грива, В.А. Коц – М.: Хімія, 1968. – 976с.
15. А.Г. Касаткін. Основні процеси і апарати хімічної технології. Видавництво 8-е. - М.: Хімія, 1971, 784 с., с. 606.
16. Екологія: Навчальний посібник/ Під ред. проф. В.В. Денисова. – 2-е вид., виправлене і доповнене. – Москва: ІКЦ «МарТ», Ростов-на-Дону, 2004. – 672 с.
17. Лазарев Н.В., Гадаскина М.Д. Шкідливі речовини в промисловості. Том III. – Л.: Хімія, 1977. – 608 с.
18. <http://ru.wikipedia.org>
19. <http://bse.sci-lib.com/article088004.html>
20. Г.П. Беспмятнов, Ю.А.Кротов. ГДК хімічних речовин в навколишньому середовищі. Довідник, Л., Хімія, 1985. – 528 с., іл.
21. Степановских А.С. Біологічна екологія. Теорія і практика: підручник для студентів вузів, які навчаються за екологічним спеціальностями. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2009. 791 с.
22. Березина Н.А., Афанасьєва Н.Б. Екологія рослин: навч. посібник для студ. вищ. навч. закладів. М.: Изд. центр «Академія», 2009. 400 с.
23. Калигін В.Г. Промислова екологія: навч. посібник для вузів. М.: Изд. центр «Академія», 2006. 431 с.
24. Методичні вказівки до виконання і оформлення дипломних проєктів (робіт) (для здобувачів вищої освіти спеціальності 101 Екологія освітнього ступеня бакалавр) / Укладачі Мохонько В.І., Блінова Н.К., Ожередова М.А. – Северодонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2020. – 67 с.

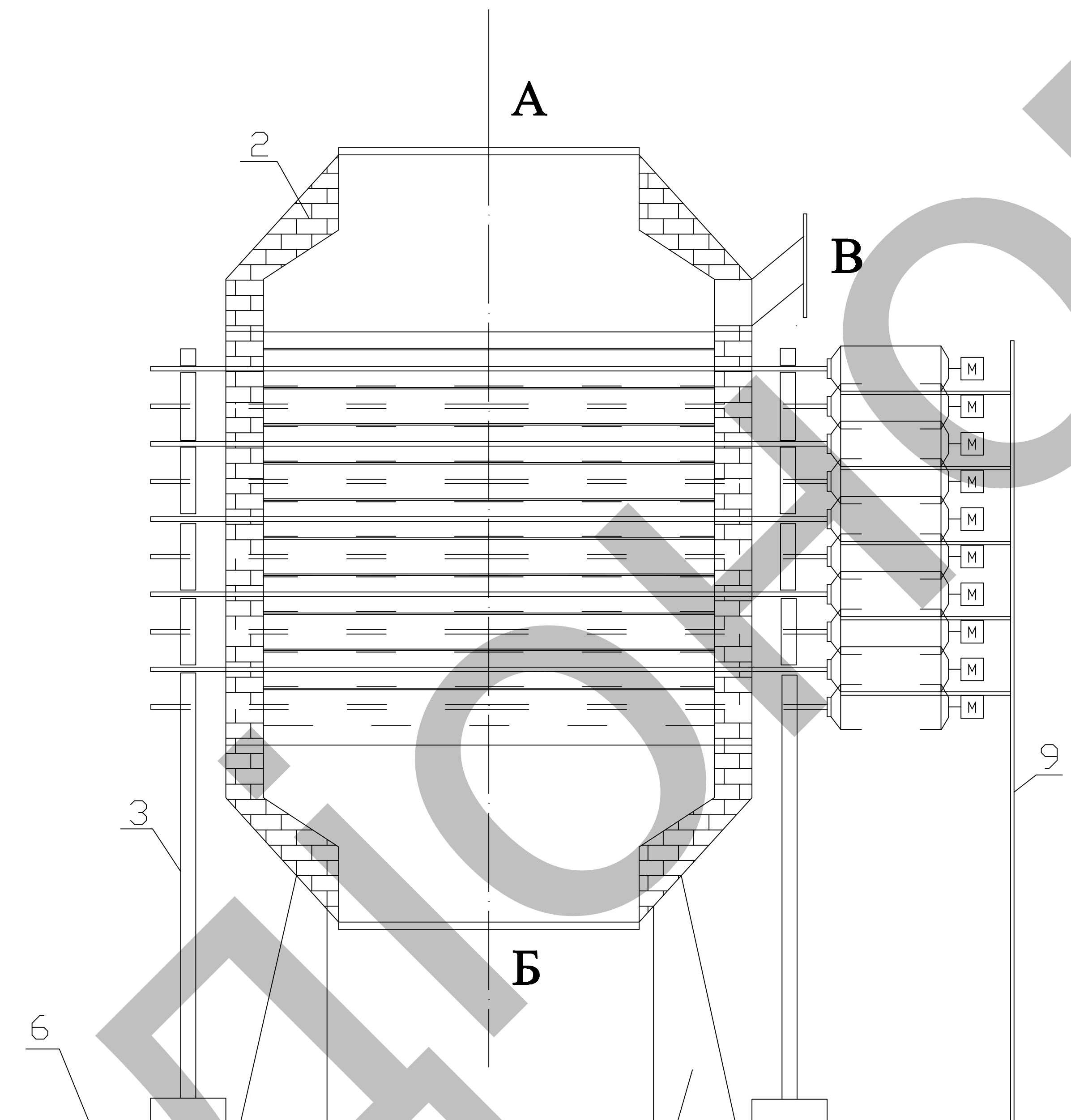
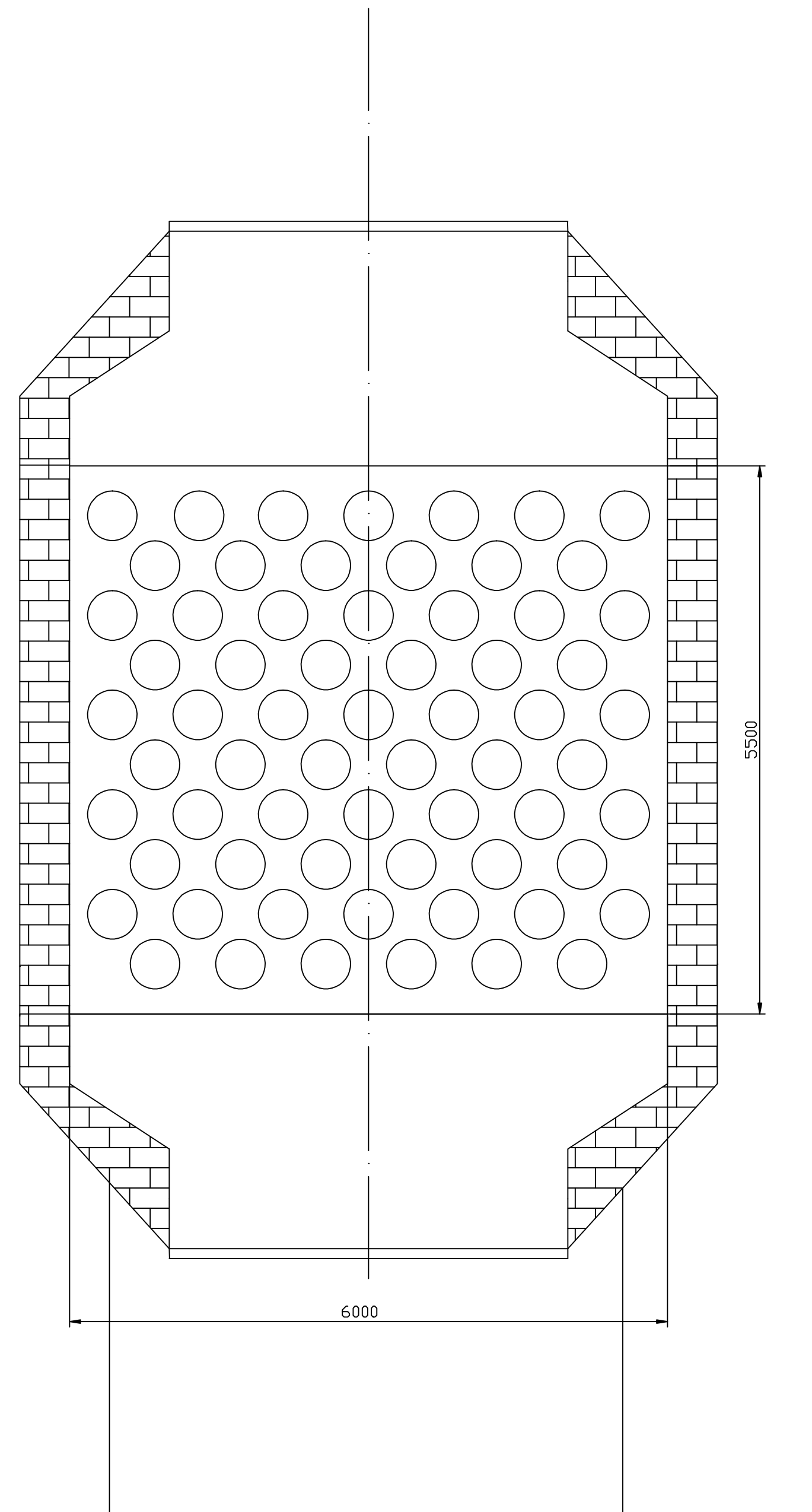
Розрахункові дані складу викидів

| Викид | Вугілля | Мазут | Природний газ | Всього |
|-------------------------------|-----------|----------|---------------|----------|
| Тверді частинки | 3366 | 1,60 | 0 | 3367,6 |
| Pb | 0,944 | 0 | 0 | 0,944 |
| Hg | 0,09 | 0 | 0,00018 | 0,09018 |
| Cr | 0,618 | 0 | 0 | 0,618 |
| Ni | 0,966 | 0 | 0 | 0,966 |
| Cu | 0,763 | 0 | 0 | 0,763 |
| Zn | 3,355 | 0 | 0 | 3,355 |
| As | 1,282 | 0 | 0 | 1,282 |
| V ₂ O ₅ | 0 | 0,95 | 0 | 0,95 |
| Всього | 3374,018 | 2,55 | 0,00018 | 3376,568 |
| Витрата палива, (т.у.п.) | 765 957,4 | 95 594,2 | 95 697,2 | 957248,8 |

- донецьке газове вугілля марки ГР – 1 096 363 т;
- високосірчистий мазут марки 40 – 70 945 т;
- природний газ із газопроводу Уренгой-Ужгород – 84 762 тис. м³.

плата за забруднення навколишнього середовища знижується на 279,8 тис. грн./рік, еколого-економічний результат складе 328,68 тис. грн.

| | | | | | | | | |
|----------|-----------|-------|------|---|--|----------------|----------|--------|
| | | | | ПД.03.04.РД | | | | |
| Вич.Лист | Ндокум. | Підп. | Датс | Розрахункові дані складу викидів | | Літ. | Маса | Масшт. |
| Розроб | Радіонов | | | | | | | |
| Кер.пр. | Кравченко | | | | | | | |
| Іконтр | | | | | | Лист 1 | Листів 1 | |
| Нконтр | | | | | | СНУ ім.В.Далія | | |
| Зав.каф | Суворін | | | | | ст. гр.ПЕО-17д | | |



Таблиця існуючих штучерів і локів

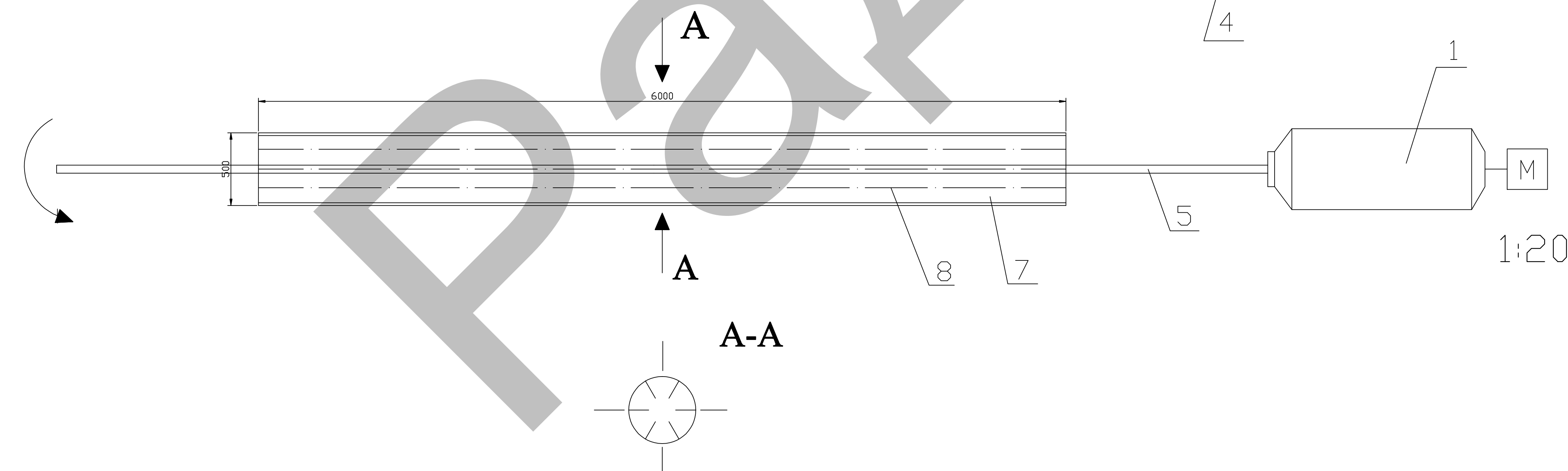
| Позначення | Призначення | Кіл. | Діаметр умовний мм Ду | Тиск умовний Ру МПа кгс/см² | Примітка |
|------------|---------------------|------|-----------------------|-----------------------------|----------|
| A | Вхід димових газів | 1 | 5700 | | |
| Б | Вихід димових газів | 1 | 5700 | | |
| В | Вхід золи | 1 | | | |

ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА

1. Реактор призначений для адсорбції компонентів димових газів золю в відроздіженому шарі.
2. Потужність апарату за димовими газами 1,2 млн м³/год.
3. Об'єм адсорбційної зони - 192 м³.
4. Тиск у адсорбційній зоні: робочий - 0,067 МПа; розрахунковий - 0,3 МПа.
5. Температура газової суміші, що входить - 400 °С.
6. Середовище: димові гази та зола
корозійність - так;
токсичність - так;
вибухонебезпечність - ні;
пожежна небезпека - ні.
7. Габаритні розміри: 6000x6000x5500 мм

ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

1. виготовлення, випробування й приймання апарату проводити згідно з вимогами ДСТУ 3-17-191-2000 "Посудини та апарати сталіні зварні. Загальні технічні умови."
2. Апарат підлягає веденню органів Госнадзорохрантруда України.
3. Зварювання проводити відповідно до вимог ДСТУ 3-020-2001 "Зварювання плавленням металевих матеріалів у хімічному й нафтохімічному машинобудуванні."
4. Зварені шви піддати контролю ультразвуковий дефектоскопією в обсязі 100%.
5. На місці монтажу апарат заземлити.
6. Вибірку проектного положення апарату на фундаменті зробити по нітках, що фіксують головні осі апарату, вертикальність по пристосуванням.
7. Апарат призначений для роботи на відкритому повітрі, із сейсмічність не більше 6 балів і температурою мінус 35 °С по найбільш холодній п'ятиденці.
8. Основний матеріал апарату - Сталь Х18Н12М2Т за ДСТУ 5632-51.



| Поз. | Позначення | Найменування | Кіл. | Найменування й марка матеріалу |
|------|------------|------------------------|------|--------------------------------|
| 1 | | Електродвигун | 65 | |
| 2 | | Газонепроникний корпус | 1 | |
| 3 | | Опора вала | 65 | |
| 4 | | Опора корпусу | 1 | |
| 5 | | Вісь обертання | 65 | |
| 6 | | Відмітка підлоги | 1 | |
| 7 | | Труба | 65 | |
| 8 | | Лопатка | 6 | |
| 9 | | Полиця | 1 | |

| | | | | | | |
|-------------|-----------|-------|------|--|----------|--------|
| ПД.03.03.В3 | | | | Літ. | Маса | Масшт. |
| Внч.Лист | Ндокум. | Підп. | Датс | Адсорбер з інтегрованим механохімічним активатором | | |
| Розроб. | Радіонов | | | | | 1:25 |
| Кер.пр. | Кравченко | | | Лист 1 | Листів 1 | |
| Тконтр. | | | | СНУ ім.В.Дала ст. гр.ПЕО-17д | | |
| Нконтр. | | | | | | |
| Зав.каф. | Суворін | | | | | |