

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет літакобудування

Кафедра хімії, екології та експертних технологій

**Пояснювальна записка
до дипломної роботи
магістра**

на тему «Екологічне обґрунтування технологічних рішень
модернізації обладнання котельної»

XAI.106.169.101._____.200

Виконала: студентка 2 курсу, групи 169
Спеціальність: 101 «Екологія»
Освітня програма: «Екологія та охорона
навколишнього середовища»

Кисилиця А.О.

Керівник: к.т.н., доцент І.М. Берешко

Рецензент: к.т.н., с.н.с. Квасов В.А.

Харків – 2020

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Факультет _____
(повне найменування)

Кафедра _____
(повне найменування)

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Спеціальність _____
(код та найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)
«____» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

_____ (прізвище, ім'я та по батькові)

1. Тема дипломного проекту (роботи) _____

керівник дипломного проекту (роботи) _____

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

затверджені наказом Університету від «____» _____ року № _____

2. Термін подання студентом дипломного проекту (роботи) _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розв'язати) _____

5. Перелік графічного матеріалу _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

Нормоконтроль _____ « ____ » _____ 20__ р.
(підпис) (ініціали та прізвище)

7. Дата видачі завдання « ____ » _____ р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка

Студент _____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)
Керівник проекту (роботи) _____ (підпис) _____ (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Сторінок: 83;

таблиць: 7;

рисуноків: 4;

джерел посилання: 25.

Об'єкт дослідження — система рециркуляції димових газів котлів, , що використовують рідкі, тверді та газоподібні види палива.

Предмет дослідження – забруднення атмосферного повітря викидами котельних.

Актуальність теми роботи обумовлена наявністю великої кількості котельних, що обслуговують виробничі та побутові потреби і потребують модернізації в умовах обмеженого фінансування на тлі необхідності зменшення негативного впливу на довкілля.

Мета роботи – обґрунтування доцільності модернізації котлоагрегатів через встановлення системи рециркуляції димових газів.

У ході виконання роботи було здійснено аналіз найбільш поширених видів котлів, видів палива, розглянуто можливі методи їх заміни чи модернізації та виконано необхідні екологічні та економічні розрахунки.

В результаті виконання роботи було встановлено, що система рециркуляції димових газів при встановленні на котли, що працюють на природному газі, дозволяє на 30 % зменшити викиди оксидів азоту, заощадити до 20 % коштів, пов'язаних з виплатами штрафів та оплати викидів. При цьому вона не потребує внесення значних змін у технологічний та організаційний процеси роботи котельної.

Ключові слова: ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ, КОТЛИ, ОКСИДИ АЗОТУ, СИСТЕМА РЕЦИРКУЛЯЦІЇ, ДИМОВІ ГАЗИ.

ABSTRACT

Pages: 83;

tables: 7;

drawings: 4;

literature sources: 25.

The object of research is the flue gas recirculation system of boilers using liquid, solid and gaseous fuels.

The subject of the research is air pollution by boiler emissions.

The urgency of the topic is due to the presence of a large number of boilers that serve industrial and domestic needs and require modernization in conditions of limited funding against the background of the need to reduce the negative impact on the environment.

The purpose of the work is to substantiate the expediency of modernization of boiler units through the installation of a flue gas recirculation system.

In the course of the work the analysis of the most common types of boilers, types of fuel was carried out, possible methods of their replacement or modernization were considered and the necessary ecological and economic calculations were performed.

As a result of the work, it was found that the flue gas recirculation system when installed on boilers running on natural gas can reduce nitrogen oxide emissions by 30%, save up to 20% on fines and emissions. At the same time, it does not require significant changes in the technological and organizational processes of the boiler room.

Key words: ATMOSPHERIC POLLUTION, BOILERS, NITROGEN OXIDES, RECIRCULATION SYSTEM, Flue GASES.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Загальні відомості.....	9
1.1 Загальні відомості про котельні установки.....	9
1.2 Загальні відомості про вплив різних видів палива на довкілля.....	14
2 Характеристика котельні як джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу.....	22
2.1 Огляд найбільш поширених типів котлоагрегатів.....	22
2.2 Найголовніші види палива, що використовуються для роботи котелень.....	25
2.3 Типове оснащення котельної середньої потужності.....	36
3 Розрахунок викидів.....	38
3.1 Розрахунок викидів твердих часток.....	39
3.2 Розрахунок викидів сірчаних окислів.....	39
3.3 Розрахунок викидів окису вуглецю.....	40
3.4 Розрахунок викидів оксидів ванадію.....	42
3.5 Розрахунок викидів окису азоту.....	42
4 Заходи щодо захисту атмосферного повітря.....	44
4.1 Загальні відомості про заходи щодо зменшення негативного впливу котельних на довкілля.....	44
4.2 Система рециркуляції продуктів згоряння.....	50
5 Обґрунтування впровадження системи рециркуляції димових газів.....	59

5.1 Екологічне обґрунтування.....	59
5.2 Економічне обґрунтування.....	74
5.3 Технологічне обґрунтування.....	79
Висновки.....	81
Перелік джерел посилання.....	83

ВСТУП

Екологічна криза ХХ століття засвідчує, що біосфера та її компоненти є досить крихкими структурами. Вони почали активно руйнуватися під впливом глобального антропогенезу та втрачати сприятливі для людини властивості, оскільки якість життя людини визначається сукупністю не лише матеріальних, духовних, соціальних, демографічних, але й екологічних компонентів, то в умовах екологічної кризи вона почала знижуватись. В інтересах збереження людської цивілізації виникла необхідність у перегляді традиційно прийнятих у виробництві пріоритетів.

Усі види виробництва для зменшення їхньої несприятливої дії на навколишнє природне середовище необхідно екологізувати.

Екологізація — поширення екологічних принципів та підходів на природничі та гуманітарні науки, на виробничі процеси та соціальні явища.

У сфері матеріального виробництва екологізація природокористування включає:

- максимальну ефективність користування ресурсами – природними та вторинними.

- відтворення ресурсів та їхня охорона від виснаження.

- найбільш доцільні способи використання ресурсів.

Конкретних можливостей екологізації досить багато. В галузі виробництва це:

- перехід на безвідходні технології (спосіб виробництва продукції, при якому найбільш раціонально і комплексно використовується сировина і енергія таким чином, що будь-які впливи на навколишнє середовище не порушують його нормального функціонування);

- бережливе використання ресурсів, які не відновлюються;

- повне знешкодження всіх видів відходів до їхнього надходження до навколишнього середовища.

Така зміна виробництва отримала назву екологічної конверсії.

Екологічна конверсія є умовою забезпечення невід'ємного права кожної людини на використання екологічно чистого навколишнього природного середовища.

Людству потрібна стійка цивілізація, а такою вона може бути у випадку відповідності законам екології, за якими існує біосфера планети.

Шлях до стійкої екологічної цивілізації включає прийняття та реалізацію глобальних рішень, які мають бути й ефективними.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Загальні відомості про котельні установки

Котел – це пристрій, призначений для одержання пари із тиском вище атмосферного або гарячої води за рахунок тепла, що виділяється при спалюванні палива. Основними елементами котла є топка й теплообмінні поверхні. Спеціальний пристрій котла, в якому відбувається спалювання палива, називається топкою або топковою камерою. Деякі типи котлів, наприклад котли-утилізатори, не мають топки. У такому випадку отримання пари або підігрів води здійснюються за рахунок теплоти гарячих газів, що утворюються при якому-небудь технологічному процесі. Газовий тракт котла, тобто та частина котла, якою протікають продукти згорання, розділений на окремі газоходи. Взаємне розташування газоходів, що визначає напрямок руху продуктів згорання й розташування поверхонь нагріву, називається компоновкою. Найпоширенішими у даний час є П-подібна, Т-подібна та баштова компоновки. Можна виділити й конвективні газоходи, якими протікають уже відносно холодні гази. У котел подається вода, яка називається живильною. Живильна вода у котлі нагрівається, а потім перетворюється на насичену або перегріту пару необхідних параметрів. Під параметрами пари маються на увазі її тиск і температура. Основним споживачем водяної пари, що виробляється у котельних установках, є паросилові установки, а також вона може використовуватися для технологічних потреб.

Перетворення живильної води у пару відбувається в поверхнях нагріву котла. До поверхонь нагріву котла відносяться випарні, пароперегрівні та економайзерні поверхні. Випарні поверхні нагріву розташовуються у топці котла або безпосередньо за нею. У них вода нагрівається до температури насичення й

утворюється пароводяна суміш. Пароперегрівники призначені для отримання перегрітої пари.

Економайзерні поверхні нагріву призначені для попереднього підігріву живильної води теплотою продуктів згорання, що відходять з котла. Теплообмінні поверхні котла конструктивно можуть розділятися на окремі секції або «пакети».

До основних елементів котла відносяться також барабани, повітропідігрівники, пальникові пристрої, пристрої для регулювання температури перегріву пари. Барабани котлів призначені для відділення насиченої пари від води, видалення з неї надмірної вологи, а також як пристрій, в якому акумулюється кількість води, необхідної для надійної роботи котла. Повітропідігрівники котла – це поверхні нагріву, в яких відбувається попередній підігрів повітря, що надходить в топку, й необхідного для спалювання палива. Пальникові пристрої – це пристрої для спалювання палива у топці котла. Пальникові пристрої сучасних котлів у першу чергу забезпечують найефективніше згорання палива як хімічного процесу й зниження кількості шкідливих речовин, що утворюються у процесі горіння та викидаються в атмосферу. До пристроїв регулювання температури перегріву пари відносяться теплообмінники різних типів та впорскувальні пароохолоджувачі.

Для забезпечення роботи сучасні котли оснащені допоміжним устаткуванням, до якого відносяться дуттьові вентилятори, димососи, золоуловлююче устаткування, устаткування з підготовки палива і т.п. Сукупність котла та допоміжного устаткування називається котельною установкою.

Одним з важливих елементів котла є каркас, призначений для розміщення та кріплення всіх його елементів. Він виготовлений з металоконструкцій і спирається на фундамент або елементи будівлі.

Для забезпечення безпеки роботи персоналу, а також для зниження втрат теплоти у навколишнє середовище на котлі передбачені обмурування та теплова ізоляція.

Котли класифікують за призначенням, паровидатністю, параметрами пари, типом топкового пристрою, способом організації взаємного руху продуктів згорання й робочого середовища, способом організації руху робочого середовища у поверхнях нагріву та видом спалюваного органічного палива.

За призначенням котли поділяються на парові, що виробляють водяну пару необхідних параметрів, водогрійні, котлиутилізатори і енерготехнологічні котли. Вони призначаються для енергетичних, виробничих, опалювально-виробничих і опалювальних котельних установок.

За паровидатністю котли поділяються на котли малої потужності, котли середньої потужності, енергетичні котли і котли великої паропродуктивності енергоблоків ТЕС.

За параметрами пари парові котли поділяються на такі, що працюють на низькому (0,88 МПа), середньому (1,36, 2,36 і 3,9 МПа), високому (9,8 й 13,8 МПа), критичному (16 МПа), надкритичному (24 МПа) тиску. Досягнення сучасної науки й техніки в області отримання нових конструкційних матеріалів та сталей дозволили створити нові типи парових котлів, що працюють на супернадкритичному тиску (до 30 й більше МПа).

Парові котли малої паровидатності (до 20 т/год) випускаються на низький та середній тиск пари. Вони отримали значне розповсюдження й широко використовуються для технологічних і господарських потреб, входять до складу стаціонарних й пересувних котельно-опалювальних установок.

Котли середньої паровидатності (до 100 т/год) – це, як правило, котли середнього тиску з помірною температурою перегрітої пари (425–450°C) –

широко використовуються як джерело технологічної пари на промислових підприємствах.

Енергетичні парові котли випускаються на середній й високий тиск пари і мають паровидатність від 100 до 640 т/год. Ці котли встановлюються на невеликих теплоелектроцентралях й промислових підприємствах і призначаються для вироблення електроенергії, отримання водяної пари або гарячої води для технологічних потреб та опалювання.

Котли енергоблоків ТЕС (КЕС і ТЕЦ) мають паровидатність до 3600 т/год і випускаються на середній, високий, надкритичний і супернадкритичний тиск пари. Вони призначені для забезпечення вироблення електроенергії й теплофікації населених пунктів.

За типом топкового пристрою вирізняють котли, оснащені шаровою топкою, камерною топкою, циклонною топкою, вихровою топкою, топкою з киплячим шаром, спеціальними топками для спалювання специфічних видів палива. Котли, оснащені вихровими топками й топками з киплячим шаром, останнім часом мають багато модифікацій і набувають все більшого поширення. Їх перевага перед котлами з камерними топками полягає у тому, що вони можуть спалювати тверде паливо погіршеної якості та багато промислових й побутових відходів. При цьому для них не потрібні системи пилоприготування. Вони мають меншу металоємність й більш високі екологічні показники.

За способом організації взаємного руху продуктів згорання й робочого середовища котли поділяються на газотрубні й водотрубні. Водотрубні котли у свою чергу випускаються декількох модифікацій: барабанні з природною циркуляцією, сепараційні (безбарабанні) з багаторазовою примусовою циркуляцією і прямоточні котли. У котлах з природною циркуляцією вода циркулює за рахунок різниць її густини; для забезпечення примусової циркуляції

використовуються циркуляційні насоси, а рух середовища у прямоточних котлах здійснюється за рахунок напору, що розвивається живильним насосом.

Відмінною рисою водотрубних барабанних котлів є наявність одного або декількох барабанів із фіксованою межею поділу між парою й водою.

Важливим кроком у розвитку конструкцій парових котлів виявився винахід прямоточних котлів. Прямоточний рух робочого середовища у парових котлах запропонований у кінці XIX століття російськими інженерами, у тому числі Д. І. Артемьєвим, який у 1893 році створив судновий прямоточний котел.

Прямоточні котли не мають барабана, у них вода, а потім пароводяна суміш й пара (звані разом робочим середовищем) послідовно проходять всі поверхні нагріву котла. На відміну від барабанного типу, прямоточні котли можуть працювати і при надкритичному тиску робочого середовища.

За типом тяги у газоповітряному тракті парові котли розрізняють на котли з врівноваженою тягою та наддувом. У котлах з врівноваженою тягою рух продуктів згорання газоповітряним трактом примусовий і здійснюється за рахунок спільної роботи димососа та дуттьового вентилятора. У котлах із наддувом опір газового тракту в основному долається роботою компресора.

За видом спалюваного органічного палива парові котли поділяються на котли, що спалюють тверде, рідке, газоподібне паливо, а також побутові відходи, дрова, біомасу.

Для маркування парових котлів прийняті такі позначення: П – прямоточний; Е – котел з природною циркуляцією; Пр – котел з примусовою циркуляцією і т. д. Наприклад, типорозмір Е–420–140ГМ означає: паровий котел з природною циркуляцією для спалювання газу і мазуту паропродуктивністю 420 т/год з тиском 140 кгс/см² (14 МПа).

1.2 Загальні відомості про вплив різних видів палива на довкілля

Під час роботи джерел енергії присутні такі фактори шкідливого впливу на навколишнє середовище:

- використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання CO_2 , H_2O ;

- теплові викиди;

- шум;

- шкідливі викиди в атмосферу.

Для зменшення використання атмосферного кисню та викидання продуктів повного спалювання необхідно:

- підвищувати ККД обладнання, тобто виробляти теплоту за рахунок спалювання меншої кількості палива;

- зменшувати металомісткість та габарити обладнання, що дозволить економити паливо в процесі виробництва матеріалів та монтажу обладнання;

- використовувати менш енергоємні матеріали для виробництва обладнання та монтажних робіт.

Теплові викиди пов'язані з високою температурою продуктів згорання, шлаку, а також ступенем теплоізоляції захисних конструкцій обладнання.

Шум є більш впливовим фактором для котлоагрегатів великої та середньої потужності. При роботі водогрійних котлів малої потужності та опалювальних апаратів шум не перевищує допустимих значень.

Шкідливими викидами (Harmfull trop landing) в атмосферу під час спалювання палива є:

- частинки незгорілого палива;

- окисли азоту (Oxides of nitrogen) NO та NO₂ (паливні, швидкі, термічні);
- окисли сірки SO₂,
- SO₃;
- сажа С;
- зола;
- продукти неповного згорання CO, C_mH_n, H₂ тощо;
- канцерогенні речовини (1,2 бензопірен C₂₀H₁₂ та ін.).

Відомо, що забруднення атмосферного повітря окислами сірки та азоту, що пов'язані з діяльністю людини, складають лише 7 % та 50 % від загальної їх кількості, але штучні викиди характеризуються значною нерівномірністю розподілу, тому великим містам та промисловим центрам відповідають найбільші рівні забруднення атмосферного повітря.

Щоб уникнути чи, принаймні, мінімізувати негативний вплив використання твердого палива на довкілля при переведенні котелень на тверде паливо, необхідно всесторонньо вивчити досвід міст, де вже тривалий час для потреб опалення використовують вугілля, дрова, торф.

Бенз(а)пірен — поліциклічний ароматичний вуглеводень, який утворюється при спалюванні твердого і рідкого палива (в значно меншій мірі — газу). Ця речовина є одним з найнебезпечніших вуглеводнів, вона являється дуже сильним мутагеном та канцерогеном, є шкідливою навіть при малих концентраціях.

Згідно списку «Гранично допустимі концентрації (ГДК) забруднюючих речовин в атмосферному повітрі населених місць» середньодобове значення ГДК бенз(а)пірену в атмосферному повітрі становить 0,1 мкг на 100 м³ (10...9 г/м³).

У вітчизняній практиці емісії бенз(а)пірену приділяється недостатньо уваги. В нормативній методиці розрахунку викидів забруднюючих речовин від енергетичних установок викиди бенз(а)пірену взагалі не розглядається. У той же

час в аналогічній російській методиці приводиться розрахунки емісії бенз(а)пірену як від промтеплоенергетичних котлів малої потужності, так і від водогрійних котлів.

Наприклад, при проведенні аналізу повітряного середовища у м. Львові концентрацію бенз(а)пірену вимірювалися лише 12 раз в році (для порівняння: оксиди азоту — понад 1000 замірів; оксид вуглецю — понад 2000, а формальдегід — 4000).

Слід мати на увазі, що з 2015 року заборона на опалення вугіллям вступає в силу в великих містах Китаю, а у Дубліні та Лондоні така заборона вже діє. Для оцінки впливу застосування твердого палива при його спалюванні в теплогенеруючих установках на забрудненість атмосферного повітря порівняємо розрахункові значення емісії пилу та бенз(а) пірену, отримані за вітчизняними та зарубіжними методиками.

В ГДК 34. 02. 305-2002 «Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення» викиди, які виникають при спалюванні дерев'яної біомаси взагалі не розглядаються. В ній також відсутні розрахункові залежності для визначення емісії бенз(а)пірену. Тому за нормативною методикою можемо провести лише розрахунок викидів твердих частинок.

В європейських країнах типовий рівень емісії твердих частинок при спалюванні дерев'яної біомаси становить 300 мг/м³ після очищення в мультициклоні і 40 мг/м³ при використанні системи конденсації продуктів горіння. За датськими нормами, для котелень фермерських господарств, в яких спалюється дерев'яна біомаса, вміст твердих частинок у продуктах горіння не повинен перевищувати 600 мг/м³. Тут для досягнення допустимих концентрацій

твердих частинок в основному використовують мультициклони, а для більш тонкого очищення — тканинні та електрофільтри.

Програми та заходи щодо зменшення шкідливих викидів при опалюванні палива не є збитковими. Оскільки забруднення повітря погіршує стан здоров'я людей, їхню продуктивність праці, знижує продуктивність та плодючість худоби та птиці, отруєє рослини, особливо фруктови, пришвидшує корозію металевих поверхонь в 10...20 разів. Всі котли та інші паливоспалювальні установки, що сертифікуються в Україні, проходять перевірку щодо відповідності екологічних показників, в тому числі з концентрації викидів NO_x та CO .

Існує чотири основних способи зменшення шкідливих викидів:

- очищення палива та окислювача від складових, що можуть утворювати шкідливі речовини;
- стримування утворення шкідливих речовин;
- випалювання шкідливих речовин;
- очищення димових газів від шкідливих речовин, що утворилися під час спалювання палива.

Під час спалювання палива, а особливо природного газу та біогазу, на перше місце виходять оксиди азоту NO_x ($\text{NO} + \text{NO}_2$). В атмосфері NO_2 (газ червоного кольору) зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що падає на Землю. Це призводить до виникнення «смогів». Крім того, при наявності озону він окислюється до NO_3 і може бути причиною «кислотних дощів».

До основних методів стримування утворення NO_x можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрацій реагуючих речовин:

- рециркуляція охолоджених газів;

- двостадійне спалювання палива;
- зменшення коефіцієнта надлишку повітря в топці;
- подавання води або пари в зону горіння;
- перерозподіл теплової потужності між пальниками і вирівнювання температур в топці;
- збільшення тепловіддачі в районі амбразури пальника;
- встановлення двосвітних екранів в топці;
- використання проміжних випромінювачів в топці.

До основних методів очищення газів від NO_x відносять:

- амміачно-каталітичне очищення;
- введення аміаку в газохід з температурою 850...1200 °С;
- окислення до N₂O₅, а потім розчинення в воді.

Біля 50 % всіх оксидів сірки (SO₂ , SO₃) утворюються в котлоагрегатах, металургії та нафтопереробці, а збитки від таких викидів складають біля 55 % від загальних збитків від забруднення атмосфери. При контакті з водяною парою в атмосфері SO₂ та SO₃ утворюють сірчану та сірчасту кислоту, що спричиняє погіршення здоров'я людини, зниження прозорості атмосфери, руйнування сталевих конструкцій, зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільші викиди окислів сірки присутні при спалюванні високосірчастого вугілля та мазутів. При роботі на природному газі вміст SO₂ у відхідних газах незначний або взагалі відсутній. Основні методи очищення палива від сполук сірки:

- поглинання H₂S оксидом заліза;
- ведення присадок до палива;
- відбракування палив з вмістом сірки Sp > 1 %.

Для очищення продуктів згорання від SO_2 , SO_3 використовують такі методи:

- зрошення димових газів в скрубєрі вапняним молоком;
- аміачно-циклічний метод;
- вдування в топку $\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$;
- окиснення на ванадієвому каталізаторі;
- окиснення озоном;
- содовий або миш'яково-содовий метод.

Як відомо, сажа — тверді частинки розміром 10...350 нм, які містять до 90 % вуглецю. Це є продукт неповного згорання вуглеводневих палива або термічного розкладання вуглеводнів.

З одного боку, сажа є корисний продукт, що використовується в хімічній промисловості, поліграфії тощо, з іншого — шкідливий викид в атмосферу.

Сажа містить канцерогенні елементи, на її поверхні відбувається перетворення SO — в SO_4 та NO_x — в NO_3 . В більшості випадків утворення сажі і пов'язаний з цим хімічний та механічний недопал є наслідком особливостей схемно-режимної організації палювання. Це можливо при суттєвій нестачі окисника $\alpha \ll 1$ або при неякісному перемішуванні палива та окисника з утворенням локальних зон $\alpha < 1$.

З одного боку, із ростом температури зростає швидкість утворення сажі в зв'язку з процесами термічного розкладання вуглеводнів, з іншого — покращується окиснення C_xH_y .

Можна вважати, що сажа — проміжний продукт спалювання, оскільки при правильній організації горіння утворені частинки сажі при достатній температурі, присутності окисника та водню окиснюються з утворенням CO та CO_2 .

Зола — тверді частинки, які утворюються в димових газах внаслідокприсутності мінеральних домішок в паливі (зольності палива A_p). При спалюванні рідких і особливо газових палив концентрація золи в газах незначна, в 10...100 разів менша, ніж для твердих палив.

Окис вуглецю CO — високотоксична речовина, яка добре реагує з гемоглобіном, що призводить до отруєння організму. Найбільші викиди супроводжують роботу бензинових і дизельних двигунів та підприємств чорної металургії.

Питомі викиди CO при спалюванні природного газу в котлах малоїпотужності достатньо високі, в порівнянні з роботою великих котлоагрегатів. Це призводить до суттєвої нерівномірності викидів і збільшення концентрації CO в густонаселених місцях.

Зменшення викидів CO досягається покращенням сумішоутворення рівномірним розподілом температур в топці. Слід відзначити, що більшість методів стримування утворення NO_x призводять до підвищення концентрації CO у відхідних газах. Винятком є методи вприскування води і пари, оскільки введення додаткової кількості H_2O призводить до утвореннянадлишкових радикалів OH і покращення окиснення CO .

Канцерогенні речовини, що, в основному, виділяються при спалюванні палива можна показати на прикладі бензопірену $C_{20}H_{12}$. Цей вуглеводень утворюється при різкому охолодженні димових газів під час піролізу метану при температурі більше $600\text{ }^\circ\text{C}$.

Процеси утворення канцерогенних речовин напряду пов'язані із погіршенням якості спалювання та сажоутворенням.

Крім того, відомо, що утворення $C_{20}H_{12}$ відбувається на поверхні частинок золи та сажі.

Викид канцерогенних речовин суттєво залежить від виду палива: при спалюванні природного газу він в 10 разів менший, ніж для твердого палива, а залежність вмісту бензопірену від надлишку повітря в топці має екстремальний характер, мінімум якого відповідає $\alpha \approx 1,10$.

Підсумовуючи викладений матеріал бачимо, що при використанні твердого палива для отримання теплової енергії в системах опалення виникають серйозні проблеми екологічного характеру.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА КОТЕЛЬНОЇ ЯК ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ ЗАБРУДНЮЮЧИХ РЕЧОВИН В АТМОСФЕРУ

2.1 Огляд найбільш поширених типів котлоагрегатів

Комплекс пристроїв, розміщених в спеціальних приміщеннях, призначених для отримання теплової енергії у вигляді пари або гарячої води, називається котельною установкою. За призначенням їх розподіляють на опалювальні, виробничі, виробничо-опалювальні і енергетичні, а за масштабом обслуговування - на індивідуальні (місцеві), групові, квартальні і районні.

Котельні, які призначені для вироблення тепла у вигляді пари або гарячої води, що не використовуються для опалення, гарячого водопостачання і вентиляції житлових, комунально-побутових і адміністративних будівель, називаються опалювальними .

У виробничих котельнях пара і гаряча вода використовуються виключно для технологічних потреб виробництва; у виробничо-опалювальних частина тепла, що виробляється, йде на технологічні потреби, а решта - для опалення, гарячого водопостачання і вентиляції житлових і адміністративних будівель; в енергетичних – пару, що виробляється, застосовують для отримання електричної енергії, а гарячу воду - для теплопостачання і вентиляції .

Індивідуальні котельні розміщуються в основному у вбудованих житлових або в комунально-побутових, рідше в окремих будівлях, устатковуються водогрійними котлами з температурою нагріву води до 115 °С або паровими котлами з тиском насиченої пари до 0,7 кгс/см² (0,07МПа).

Ці котельні постачають тепло до одної або декількох будівель. В зв'язку з тим, що ці котельні неекономічні, будівництво їх допускається тільки в тих

районах, де відсутнє централізоване теплопостачання і гаряче водопостачання від крупних районних котелень і ТЕЦ .

Групові котельні забезпечують теплом або гарячою водою групу будівель. Устатковуються паровими котлами МЗК-8Г, МЗК-7Г, Е-1-9-1Г, ДКВР-2,5-13, ДКВР-4-13, ДКВР-6,5-13, ДЕ-4 , ДЕ-6,5 і водогрійними ТВГ-4Р, КВГ-4-150, КВ-ГМ-4 .

Квартальні котельні постачають тепло і гарячу воду в житлові квартали і мікрорайони. Устатковуються паровими котлами ДКВР-10-13, ДЕ-10, ДЕ-16 і водогрійними ТВГ-8М, КВГ-6,5-150, КВ-ГМ-6,5, КВ-ГМ-10.

Районні котельні забезпечують теплом і гарячою водою великі житлові масиви. Устатковуються паровими котлами ДКВР-20-13, ДЕ-25, ДЕ-16 і водогрійними ТВГ-8М, ПТВМ-50 , КВ-ГМ-30 , КВ-ГМ-50 .

Згідно з Правилами Котлонадзора до приміщень котельні пред'являються наступні вимоги :

- будівлі і конструктивні елементи повинні виконуватись з негорючих матеріалів, надбудови на горищі не дозволяються;
- забороняється улаштування котелень під театрами, клубами, лікарнями, магазинами і т.п., а також всередині приміщень, де буває багато людей;
- допускається примикання котельного приміщення до виробничого, якщо вони розділені протипожежною стіною, а двері відкриваються вбік котельні;
- рівень підлоги її нижнього поверху не повинен бути нижче території, прилеглої до будівлі .

В котельні слід мати на кожному поверсі не менше двох виходів в протилежні боки. При площі поверху менше 200м² і наявності пожежної драбини, а також в одноповерхових котельнях, де довжина приміщення вздовж фронту котлів не перевищує 12 м, дозволяється один вихід. Під час роботи не можна

зачиняти двері на замок або будь-який інший запір, вони повинні легко відкриватися назовні, а із службових, побутових і допоміжних приміщень - в бік котельні.

Приміщення забезпечується достатнім денним, а в нічний час - електричним освітленням. Крім робочого, повинно бути аварійне електричне освітлення від джерел живлення, не залежних від загальної електроосвітлювальної мережі котельні - воно обов'язкове в наступних місцях: фронт котлів, проходи, майданчики і сходи між ними, теплові щити і пульти керування, водовказувальні і вимірювальні пристрої, вентиляційні і димососні майданчики, приміщення для баків і деаераторів, насосні відділення.

Для котелень з площею поверху до 250 м² в якості аварійного освітлення дозволяється застосовувати переносні ліхтарі електричні типу "кажан".

Електролампи загального і місцевого освітлення, що підвішуються на висоті нижче 2.5м над підлогою або майданчиками, повинні бути напругою не більше 36В. Лампи на 127 і 220В допустимі за умови, якщо улаштування освітлювальних пристроїв не дозволяє проводити їх заміну особам, яким це не дозволяється інструкцією, і захищені від випадкового доторкання до них. При ремонті, очистці і огляді внутрішніх частин котлів, топок і газоходів застосовуються електричні лампи напругою 12В. Котельні, працюючі на газоподібному паливі, оснащуються освітленням у вибухозахищеному виконанні, вимикачі знаходяться поза приміщенням.

В котельні обов'язкові вентиляція і опалення - для видалення надлишків вологи, шкідливих газів і пилу, підтримання необхідної температури; взимку в зоні постійного перебування людей вона повинна бути не нижче 12 °С, влітку - не більше ніж на 5 °С вище температури зовнішнього повітря.

До розміщення котлів і допоміжного устаткування на газовому і рідкому паливі Правила Котлонадзора пред'являють наступні вимоги:

- відстань від виступаючих частин горілочних пристроїв до стіни - не менше 1м, між фронтом котлів і виступаючими частинами розміщених одна проти одної топок - не менше 4м, між горілочними пристроями - не менше 2м, ширина проходу між котлами і виступаючими їх частинами - не менше 0,7м, а між крайніми котлами і стіною котельні, між котлами і задньою стіною котельного приміщення - не менше 1м.

2.2 Найголовніші види палива, що використовуються для роботи котелень

Паливом називаються горючі речовини, які служать джерелом отримання тепла.

Отже, щоб ці горючі речовини могли бути використані в якості палива, вони повинні задовольняти ряду вимог: мати великі запаси і бути відносно дешевими за способом видобутку, зручно і добре транспортуватись, більш-менш легко займатись і містити як можливо меншу кількість негорючих домішок (а саме води і попелу).

Паливо підрозділяється на природне і штучне. Останнє одержують після переробки природного палива з ціллю виділення з нього цінних продуктів, до яких відносяться смоли, бензини, бензоли, мінеральні мастильні масла, фарби, фармацевтичні продукти, сірчаноокислий амоній (що йде на потреби сільського господарства) і інші. Нижче приводиться найголовніший перелік різновидів природного і штучного палива (табл.3).

Таблиця 2.1 — Перелік різновидів палива

Природне паливо	Штучне паливо
Деревина	Деревне вугілля
Торф	Торф'яний кокс
Буре вугілля	-
Кам'яне вугілля	Кам'яновугільний кокс і напівкокс
Анрацити	Брикети з відходів твердого і рідкого палива
Сланці	
Нафта	Мазут, бензин, керосин
Природний горючий газ	Генераторні гази, газ коксувальних печей, доменний газ і інші

Перелічені види палива є продуктами органічного походження. Разом з паливом органічного походження велике значення має ядерне, що міститься в ізотопах урану. Паливо органічного походження за фізичним станом поділяється на тверде (шматкове і пилоподібне), рідке і газоподібне. Фізичний стан палива впливає на способи його зберігання, спалювання і транспортування.

Розглянемо різні види твердого палива.

Деревина в більшості топочних пристроїв спалюється у вигляді дров і тільки в енергетичних крупних котельнях, оснащених потужними котлами з механічними топками, дрова замінюють рубленими щіпками.

Склад органічної маси деревини (одночасно і склад горючої маси, так як в деревині містяться тільки сліди сірки) досить стійкий, мало змінюється в залежності від породи дерева. Також мало змінюється і теплота згоряння органічної маси.

Дрова — паливо малотеплотне, тобто в одиниці об'єму міститься мало калорій. Дрова не вигідно перевозити на значні відстані від місця заготівки, і тому їх відносять до так званого місцевого палива.

При зниженій теплоті згоряння у дров є вагомі переваги: легке займання, відсутність сірки і малозольність, що дозволяє обмежуватись досить примітивними (і в той же час працюючими достатньо ефективно) топочними пристроями.

Торф представляє собою перегнилі останки болотних та лугових рослин. Зовнішній вид торфу і якість його як палива залежать від роду цих рослин, час утворення і кількості постійних домішок (пісок, земля і інші). Торф містить біля 70% летких речовин. До привілеїв торфу як палива можна віднести невеликий вміст сірки (0,1 - 0,2%), до недоліків - значну вологість і високу (в порівнянні з дровами) зольність. Через малу об'ємну вагу і громіздкість торф потребує великої складської площі.

На даний момент використовуються торф'яні брикети, одержані пресуванням шматкового торфу під високим тиском. Цей вид палива характеризується низькою вологістю (20%) і відповідно більш високою теплотою згоряння (4500 ккал/кг).

Викопне вугілля підрозділяється на буре, кам'яне і антрацити.

Буре вугілля — паливо невисокої якості, характеризується значним вмістом в ньому зовнішнього баласту і особливістю вивітрюватись на повітрі, перетворюючись у вугільну дрібноту, а також властивістю самозайматися. Вміст

горючих летких речовин в бурому вугіллі складає 40 - 50%. Подібно торфу буре вугілля не витримує далеких перевезень.

Спалювання бурого вугілля в невеликих котельних установках неефективне. В крупних котельних установках буре вугілля найбільш раціонально спалювати у пилоподібному стані. Марки бурого вугілля такі: БК (буре крупне), БР (буре рядове) і т.д.

З всіх різновидів викопного вугілля домінує кам'яне вугілля. Кам'яне вугілля за властивостями і складом досить неоднорідне. В залежності від виходу летких речовин і спікання коксу розрізняють шість сортів (марок) вугілля: довгополум'яне Д, газове Г, паровичне жирне ПЖ, коксове К, паровичне спікаєме ПС, пісне П.

Для спалювання в котельних установках застосовують головним чином довгополум'яне, паровичне жирне, паровичне спікаєме і пісне вугілля.

Довгополум'яне і паровичне спікаєме вугілля різко відрізняються за довжиною полум'я і горючості. Довгополум'яне вугілля має вихід горючих летких речовин в розмірі 40%, дає при горінні довге полум'я, дуже легко займається і горить більш інтенсивно в порівнянні з паровичним спікаємим вугіллям, що містить тільки леткі речовини. Один з недоліків паровичного спікаємого вугілля - утворення при горінні коринки з вугілля, що перешкоджає надходженню повітря.

Зовнішній баласт в кам'яному вугіллі коливається в межах від 12 до 20%, а теплота згоряння складає відповідно 7000 - 5500 ккал/кг.

Антрацит відрізняється від кам'яного вугілля тим, що при його горінні не виникає утворення вуглеводнів, тому він горить коротким полум'ям і зовсім бездимно. Вміст горючих летких речовин в антрациті складає 7%.

Антрацити мають абсолютно чорний з металічним блиском колір. Вони дуже тверді і запалюються дуже важко (температура їх займання складає 700 °С). Вміст зовнішнього баласту в антрациті складає 12 - 25%. Теплота згоряння антрациту досить велика і досягає 6000 - 7000 ккал/кг. Кокс антрациту розсипається.

Антрацит важче кам'яного і бурого вугілля, його об'ємна вага рівна 900 - 1000 кг/м³. В залежності від розмірів шматків антрацит підрозділяється на марки, так, наприклад, антрацит рядовий зі штибом (АРШ) має розміри шматків від 0 до 100 мм. Антрацит з розмірами шматків від 13 до 25мм носить назву антрацит дрібний (АД).

Сланці — мінеральні речовини, що утворилися в результаті збагачення рослинних залишків воднем. Вони володіють високою теплою згоряння горючої мас, але через дуже велику кількість попелу вони є одним з низькосортних палив і зазвичай використовуються як паливо тільки за умови спалювання їх на місці видобутку. Великий відсоток водню і вихід летких на горючу масу, що доходить до 80%, дають можливість утилізувати сланці як сировину для газифікації, а також хімічної переробки з ціллю отримання різного роду масел, дизельного палива, хімічних продуктів і горючого газу.

Вологість сланців досягає 15 - 20%, теплота згоряння робочого палива знаходиться в межах 1400 - 2700 ккал/кг.

Також дуже поширеним є рідке паливо (мазути).

Єдиним видом рідкого палива, що використовується в топках котлів, є отримані в результаті перегонки нафти залишки, які називаються мазутами. Нафта представляє собою суміш органічних сполук, що складається з різних вуглеводнів, сірчистих і азотистих сполук, розчиненого парафіну і смоли. В залежності від того, які компоненти превалюють у складі нафти, вона

підрозділяється на малосірчисту і багатосірчисту, малосмолисту і багатосмолисту, малопарафіністу і багатопарафіністу.

В результаті удосконалення процесів переробки нафти разом зі зниженням виходу мазутів значно підвищується їх в'язкість. В теперішній час спалюється тільки в'язкий мазут.

Забрудненість мазуту зовнішнім баластом залежить від умов видобутку, зберігання і перевезення. Зольність мазуту дуже мала (доля відсотка). Вологість мазуту у місцевостях, ближче розташованих до промислів, зазвичай не перевищує 1%, а по мірі віддалення збільшується і в середньому складає біля 3%. Домішки парафіну в нафтових залишках, не відображаючись на їхніх теплотехнічних властивостях, сприяють підвищенню температури застигання, яка для деяких мазутів доходить до 25°C. Для перекачування і спалювання такий мазут доводиться систематично підігрівати до 70-115 °C. Первинне розігрівання мазуту в цистернах, баках, нафтосховищах для подальшого його перекачування по трубопроводах здійснюється шляхом установки в них змійовиків, що обігріваються парою або гарячою водою при температурі не вище 145°C.

Зовнішні мазутопроводи старанно утеплюють або прокладають разом з паропроводами. Для подальшої подачі мазуту до форсунок він додатково підігрівається у поверхневих теплообмінниках.

Мазут трохи легший за воду: густина його коливається в межах 0,89-0,998. Тому примішана до мазуту вода при зберіганні в резервуарах може відстоюватися, опускаючись донизу. При в'язких мазутах відстоювання може проходити тільки при підігріві.

Високі теплові якості мазуту, зручність його перекачування, зберігання і транспортування, а також висока теплота згоряння роблять його особливо цінним.

Останній вид палива, що широко використовується в котельних, це газоподібне паливо.

Природні гази, які отримано з чисто газових родовищ, складаються в основному з метану, кількість якого коливається від 70 до 98%, і відрізняються відносною постійністю складу. Зріджені гази отримують на нафтопереробних заводах із газів нафтових і газоконденсатних родовищ. Це суміш важких вуглеводнів, в основному пропану і бутану, які за нормальних умов знаходяться в газоподібному стані, а при тиску 6 - 16 кгс/см² (0,6 - 1,6 МПа) переходять в рідкий. Зберігають зріджені гази в ємностях і резервуарах, транспортують до газонаповнюючих станцій (ГНС) в залізничних цистернах, а до користувачів - в автоцистернах або балонах.

Штучні горючі гази отримують шляхом термічної обробки рідкого і твердого палива, а також як вторинний продукт коксового, доменного, сланцевого, нафтопереробного і інших виробництв. В котельнях вони застосовуються рідко: тільки на деяких металургійних і коксових заводах використовують коксовий і доменний.

Застосування газу має ряд привілей в порівнянні з твердим паливом: відсутність попелу і виносу твердих часток в атмосферу, висока температура згоряння, зручність транспортування і спалювання. Крім того, полегшується праця обслуговуючого персоналу, поліпшуються санітарно-гігієнічні умови в котельні і прилеглих до неї районах, з'являється можливість автоматизації і інтенсифікації робочих процесів.

Однак використання природного газу потребує особливих мір обережності. Через можливі витікання його крізь негерметичності в місцях з'єднання газопроводів і арматури. Наявність в приміщенні більше 20% газу викликає ядуху, накопичення в закритому об'ємі від 5 до 15% може привести до вибухів

газоповітряних сумішей, при неповному згорянні утворюється оксид вуглецю, який отруйно діє на живий організм.

Основними показниками горючих газів, що застосовуються в котельнях, є склад, теплота згорання, густина, температура горіння (жаропродуктивність) і займання, межі займання (вибуховості), швидкість поширення полум'я.

В склад будь-якого газоподібного палива входять горючі і негорючі речовини. До горючих відносяться переважно водень і вуглець у хімічних сполуках і водень у вільному стані: вуглеводні C_nH_m , водень H_2 , сірководень H_2S , оксид вуглецю CO ; до негорючих - вуглекислий газ CO_2 , кисень O_2 , азот N_2 і водяна пара H_2O .

Теплота згорання - це кількість тепла, що виділяється при повному згорянні 1 м^3 газу. Вимірюється в основному в ккал/м^3 (кДж/м^3). Розрізняють вищу теплоту згорання Q_v , коли враховується теплота, витрачена на конденсацію водяної пари, що міститься в продуктах згорання; і нижчу Q_n , коли ця теплота не враховується, - нею зазвичай користуються при розрахунках.

На практиці застосовують гази різної теплоти згорання. Для порівняльної оцінки їх якості введено поняття «умовне паливо», тобто паливо, нижча теплота згорання якого дорівнює 7000 ккал/кг (29300 кДж/кг).

Для переводу будь-якого конкретного палива в умовне необхідно нижчу теплоту згорання даного палива поділити на теплоту згорання умовного палива і отримане число (паливний еквівалент E_n) помножити на масу цього палива (V_k):

$$V_{\text{умовне}} = Q_n (\text{конкр}) / 7000 \cdot V_k = E_n \cdot V_k,$$

де $V_{\text{умовне}}$ — маса умовного палива, що відповідає даному конкретному паливу.

При відсутності даних про нижчу теплоту згоряння конкретних палив при плануванні умовного палива слід користуватися середніми еквівалентами для переводу натурального палива в умовне. Так, для природного газу цей еквівалент рівний 1,2; для попутнього — 1,25...1,3; для зрідженого - пропан технічний — 3,1 і бутан технічний — 4,05.

Густина газоподібної речовини - це величина, що визначається відношенням маси речовини до об'єму, що вона займає; основна одиниця вимірювання — $\text{кг}/\text{м}^3$. Відношення густини газоподібної речовини до густини повітря за однакових умов (температурі і тиску) називається відносною густиною.

Максимальна температура горіння буває теоретичною - враховуючою втрати тепла на дисоціацію (розпад) продуктів згоряння (вуглекислого газу і водяної пари) - і калориметричною, названою Д. І. Менделєєвим жаропродуктивністю, - отриманою при повному згорянні газу без врахування тепла, витраченого на дисоціацію продуктів згоряння.

Дійсна температура горіння палива залежить від умов спалювання.

Температура займання - це мінімальна температура, при якій починається процес горіння. Вона не постійна і залежить від виду і вмісту газу в газоповітряній суміші, степені змішування і тиску, під яким знаходиться газоповітряна суміш, розмірів і форми ємкості від інших факторів.

Межі займання (вибуховості). Суміш газів з повітрям в одних випадках горить, а в інших може вибухати. Якщо температура джерела тепла рівна температурі займання або вище її, при наближенні до газоповітряної суміші на виході з горілки виникне займання і горіння, а якщо джерело тепла внести в замкнений об'єм, заповнений газоповітряною сумішшю, виникне вибух. При цьому швидко нагріті до високої температури продукти згоряння утворюють підвищений тиск, що досягає $7\text{-}8\text{кгс}/\text{см}^2$, (0,7-0,8МПа), що приводить до

зруйнування обмуровування топки котла і газоходів, інших небезпечних наслідків.

Границі, в яких газоповітряна суміш займається (вибухає), називають межами займання (вибуховості). Мінімальний вміст газу, при якому можливе займання або вибух, називають нижньою межею, а максимальний, при перевищенні якого суміш вже не займається без додаткового тепла ззовні, - верхньою межею займання. газоповітряна суміш, що містить кількість газу, менше нижньої межі, не горить і не вибухає. Верхня межа характеризується таким вмістом газу в газоповітряній суміші, при якому вибух не виникає, а суміш продовжує горіти.

Газ, що використовується в якості палива, повинен відповідати вимогам ГОСТ 5542 –50. Вміст шкідливих домішок не повинен перевищувати (в грамах на 100м^3): сірководню — 2, аміаку — 2, ціаністих сполук в перерахунку на синильну кислоту — 5, смоли і пилу — 0,1, нафталіну влітку — 10, взимку — 5, кисню — 1 % за об'ємом, запах нетоксичних газів повинен відчуватися при вмісті їх у повітрі не більше $1/5$ нижньої межі вибуховості, а токсичних – допустимій санітарними нормами кількості.

Згідно ГОСТ 10196-62 у зріджених газах вміст сірководню не повинен перевищувати $5\text{ г}/100\text{м}^3$, запах одорованого газу повинен відчуватися при вмісті його у повітрі $0,5\%$ за об'ємом.

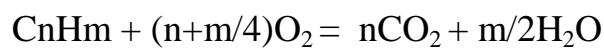
Майже всі природні і деякі штучні горючі гази не мають запаху . Просочуючись крізь негерметичності у газопроводах і обладнанні, вони можуть створити небезпечну концентрацію у приміщенні або топці котла. Для своєчасного виявлення у повітрі, швидкого і точного знайдення місць витікання перед подачею користувачу в газ додають речовини (одоранти), які мають різкий

специфічний запах, тобто проводять одоризацію. Частіше за все використовують етилмеркаптан (C_2H_5SH).

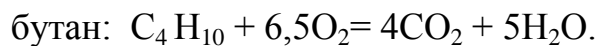
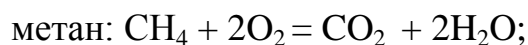
На практиці встановлено, що на 1 м^3 природного газу його потрібно 16 мг, а для такого ж об'єму зрідженого — 40 мг. Одоризація в основному проводиться на газорозподільних і газонаповнювальних станціях.

Горіння — це процес швидкого окислення горючих компонентів палива киснем повітря з виділенням тепла і світла. Повне згоряння проходить при достатній кількості кисню. Нестача кисню обумовлює неповне згоряння, при якому виділяються тепло (менша кількість, ніж при повному) і оксид вуглецю, що отруйно діє на обслуговуючий персонал, утворюється сажа, яка, осаджуючись на поверхні нагріву котлів, збільшує втрати тепла, що приводить до надмірної витрати палива і зниженню ККД котлоагрегату, забруднюється атмосфера.

Реакція горіння вуглеводнів з загальною формулою C_nH_m описується рівнянням:



У відповідності з цим можна записати реакції горіння основних компонентів природного і зрідженого газів і визначити необхідну кількість кисню і повітря:



Однак в топку котла повітря подають у невеликому надлишку. Відношення дійсно витраченого його об'єму V_d до теоретично необхідного V_t називається коефіцієнтом надлишку повітря $\alpha = V_d/V_t$.

Цей показник залежить від конструкції газової горілки і топчного пристрою: чим вони досконаліше, тим менше α .

Необхідно слідкувати, щоб коефіцієнт надлишку повітря не був менше 1, так як це приведе до неповного згорання газу. Збільшення коефіцієнта надлишку повітря знижує ККД котлоагрегату.

Повноту згорання можна визначити за допомогою газоаналізатора і візуально — за характером і кольором полум'я: фіолетово-блакитне - згорання повне, солом'яно-червоне з довгими факелами - неповне.

Горіння регулюється збільшенням подачі повітря в топку котла (горілку) або зменшенням подачі газу. В цьому процесі використовується первинне (змішується з газом в горілці до горіння) і вторинне (з'єднується з газом або газоповітряною сумішшю в топці котла в процесі горіння) повітря.

В котлах, оснащених дифузійними горілками без примусової подачі повітря, вторинне повітря під дією розрідження надходить в топку крізь піддувальні дверцята; в котлах, оснащених інжекційними горілками, первинне повітря надходить в горілку за рахунок інжекції і регулюється регулювальною шайбою, вторинне — крізь піддувальні дверцята; в котлах зі змішувачами горілками первинне повітря подається в горілку вентилятором і регулюється повітряними затулками. подача газу регулюється робочими кранами (засувками), встановленими безпосередньо перед горілками.

2.3 Типове оснащення котельної середньої потужності

В типовій котельній середньої потужності встановлюється встановлено від 2 до 7 котлоагрегатів. Найчастіше це:

- котли типу ДКВР, які працюють на природному азі;
- котли типу ДЄ, які працюють на природному газі ;
- котли типу ДЄ, які працюють на природному газі та рідкому паливі.

Котлоагрегати з'єднані з димовими трубами із наступними характеристиками:

- висота 30...60 м
- продуктивність до 10 т/год;

Зазвичай котельня працює на природному газі , як резервне паливо застосовується мазут (марки 100 , 40). Тривалість роботи на резервному паливі зазвичай обмежена (приблизно 20 діб).

Річна витрата палива середньої котельної:

- природний газ — 10000 тис. куб.метрів;
- мазут — 600 т.

Дані про режим роботи котлів і секундні викиди шкідливих речовин взяті із звітів про режимно-налагоджувальні випробування котлів.

Розрахунок викидів шкідливих речовин по котельні виконанується по «Методическим указаниям по расчету выбросов загрязняющих веществ при сжигании топлива в котлах производительностью до 30 т/час».

3 РОЗРАХУНОК ВИКИДІВ

Для визначеності розглянемо типову котельню, що може обслуговувати підприємство та розташований поблизу житловий масив. В такій типовій котельні встановлено наступні котли:

- типу ДКВР -10/13 - 3 шт.(№ 1, 2 , 3), які працюють на природному газі;
- типу ДЄ- 25/14- ГМ- 1шт. (№4), який працює на природному газі ;
- типу ДЄ-25/14-ГМ -1 шт. (№5) , який працює на природному газі та рідкому паливі .

Котлоагрегати з'єднані з димовими трубами із наступними характеристиками :

- труба №1 — висота 60 м , з'єднані котлоагрегати типу ДКВР -10/13- 3 шт., продуктивність по 10 т/год;
- труба №2 — висота 45 м , з'єднані котлоагрегати типу ДЄ -25/14 -ГМ -2 шт.

Котельня працює на природному газі , як резервне паливо застосовується мазут (марки 100 , 40) .Тривалість роботи на резервному паливі 20 діб.

Річна витрата палива :

- природний газ:10000 тис. куб.метрів;
- мазут: 600 т.

Фонд роботи котлів:

1) на газі:

- типу ДЄ-25/14-ГМ- 4868 год.
- типу ДКВР-10/13 -2372 год.

2) на мазуті:

- типу ДЄ -25/14- ГМ- 20 діб.

3.1 Розрахунок викидів твердих часток

Кількість сажі і незгорілого палива, які надходять в атмосферу з димовими газами при спалюванні мазуту, розраховується по формулі:

$$M_{\text{річне}} = B \cdot A^p \cdot \$ \cdot (1 - n), \text{ т/рік} \quad (3.1),$$

де B — витрата палива, т/рік; A^p — зольність палива на робочу масу;

$$\$ = A_{\text{ун}} (100 - \Gamma_{\text{ун}}) \quad (3.2),$$

$A_{\text{ун}}$ — доля золи палива в винесенні; $\Gamma_{\text{ун}}$ — вміст горючих в винесенні; n — доля твердих часток, які уловлюються в золоуловлювачах.

Максимальний секундний викид твердих часток визначається по формулі:

$$M = 0,278 \cdot B_{\Gamma} \cdot A \cdot \$ \cdot (1 - n), \text{ г/с} \quad (3.3),$$

де B_{Γ} — максимальна витрата палива за годину, кг/год.

Для палива мазут:

$$A^p = 0,1;$$

$$B = 600 \text{ т/рік};$$

$$B_{\Gamma} = 1267 \text{ кг/год};$$

$$\$ = 0,01.$$

$$M_{\text{річне}} = 600 \cdot 0,01 \cdot 0,1 = 0,6 \text{ (т/рік)};$$

$$M = 0,2781 \cdot 1267 \cdot 0,1 \cdot 0,01 = 0,35 \text{ (г/с)}.$$

З них по джерелам:

№278 - відсутні;

№279 - 0,35 г/с; 0,6 т/рік.

3.2 Розрахунок викидів сірчаних окислів

Кількість сірчаних окислів, які надходять в атмосферу з димовими газами при спалюванні мазуту, розраховується по формулі :

$$M_{\text{річне}} = 0,02 \cdot B \cdot S^P \cdot (1 - n^1) \cdot (1 - n^2), \text{ т/рік} \quad (3.4),$$

Де:

- B — витрата палива, т/рік;
- S^P — вміст сірки в паливі на робочу масу, %;
- n^1 — доля окислів сірки, зв'язаних леткою золою;
- n^2 — доля окислів сірки, які уловлюються в золоуловлювачах.

Для палива мазут:

$$B = 600 \text{ т/рік};$$

$$S^P = 3,5 \text{ \%};$$

$$n^1 = 0,02;$$

$$n^2 = 0.$$

Максимальний секундний викид окислів сірки по звіту для котла №5 — 1,23 г/с.

$$M_{\text{річне}} = 0,02 \cdot 600 \cdot 3,5 \cdot (1 - 0,02) \cdot (1 - 0) = 41,16 \text{ (т/рік)}.$$

3.3 Розрахунок викидів окису вуглецю

Розрахунок викидів окису вуглецю за одиницю часу виконується по формулі:

$$M_{\text{річне}} = 0,001 \cdot C_{\text{CO}} \cdot B \cdot (1 - q^4/100) \quad (3.5),$$

де:

- B - витрата натурального палива (10000 тис. м³/рік газу, 600т/рік мазуту);
- C_{CO} - вихід окису вуглецю при згорянні палива, кг/т або тис.нм³ палива.

$$C_{\text{CO}} = q^3 \cdot R \cdot Q_{\text{H}}^P \quad (3.6),$$

де:

- q^3 - втрата тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива, %;

$$q^3 = 0,05;$$

- R- коефіцієнт, який враховує долю втрати тепла внаслідок хімічної неповноти згоряння палива, обумовлену наявністю в продуктах неповного згоряння окису вуглецю, приймається для мазуту 0,65, для газу 0,5;

- Q_H^P - нижча теплота згоряння палива в робочому стані, МДж/кг, МДж/м³ (рівна 39,81 для мазуту, 34,11 для газу);

- q^4 - втрата тепла внаслідок механічної неповноти згоряння палива, % (для газу та мазуту 0%).

Максимальний секундний викид окису вуглецю по звіту:

- для котла №1 - 0,18 г;

- для котла №2 - 0,16г;

- для котла №3 - 0,24г;

- для котла №4 - 0,37г;

- для котла №5 - 0,28г на газі , 0,41г на мазуті.

У зв'язку з змінним режимом роботи котлів, річний викид розраховується по річному фонду часу. Для труби № 1:

$$M^r \text{ річне} = (0,37+0,28) \cdot 3600 \cdot 486 / 1000000 = 11,39 \text{ (т/рік)}.$$

Для порівняння річний викид за іншою методикою:

$$M^m \text{ річне} = 0,001 \cdot 0,5 \cdot 0,65 \cdot 600 \cdot 39,81 = 7,76 \text{ (т/рік)};$$

$$M \text{ річне} = 11,39 + 7,76 = 19,15 \text{ (т/рік)}.$$

Для труби № 2:

$$M \text{ річне} = (0,18 + 0,16 + 0,24) \cdot 3600 \cdot 2372 / 1000000 = 4,95 \text{ (т/рік)}.$$

3.4 Розрахунок викидів оксидів ванадію

Кількість оксидів ванадію в перерахунку на п'ятиокис ванадію, т/рік:

$$M_{\text{річне}} = 10^{-6} \cdot G_{V_2O_5} \cdot B \cdot (1 - n_{oc}) \cdot (1 - n_y) \quad (3.7),$$

де:

- $G_{V_2O_5}$ — вміст окислів ванадію в мазуті в перерахунку на V_2O_5 , г/т;
- $n_{oc} = 0,05$ (по методиці);
- $n_y = 0$ (по методиці).

$$G_{V_2O_5} = 95,4 \cdot S^p - 31,6 = 95,4 \cdot 3,5 - 31,6 = 302,3 \text{ (г/т)}.$$

$$M_{\text{річне}} = 10^{-6} \cdot 302,3 \cdot 600 \cdot (1 - 0,05) = 0,18 \text{ (т/рік)}.$$

З них по джерелам :

- труба № 1 — відсутній ;
- труба № 2 — 0,08 т/рік, 0,104 г/сек.

3.5 Розрахунок викидів окису азоту

Кількість окису азоту , що викидається за одиницю часу, розраховується за формулою :

$$M_{\text{річне}} = 0,001 \cdot B \cdot Q_H \cdot K \cdot (1 - r) , \text{ т/рік} \quad (3.8),$$

де:

- В — витрата натурального палива (10000 тис. м³/рік газу, 600 т/рік мазуту);

- Q_n — теплота згоряння натурального палива, МДж/кг;

- К — параметр, що характеризує кількість окислів азоту, які утворюються на 1 МДж, кг/МДж, К = 0,086 кг/МДж;

- r — коефіцієнт, залежний від зниження викидів після прийняття технічних рішень, r = 0,3 (метод рециркуляції).

Максимальний секундний викид окису азоту по даним статистики:

- для котла №1 - 0,32 г;

- для котла №2 - 0,28г ;

- для котла №3 - 0,32 г;

- для котла №4 - 0,83г;

- для котла №5-0,74 г на газі, 0,74 г на мазуті.

$$M^{\Gamma} \text{річне} = 0,001 \cdot 10000000 \cdot 34,11 \cdot 0,086 \cdot (1-0,3) = 20,53 \text{ (т/рік)};$$

$$M^M \text{річне} = 0,001 \cdot 600 \cdot 39,81 \cdot 0,086 = 1,44 \text{ (т/рік)} ;$$

$$M \text{річне} = 20,53 + 1,44 = 21,97 \text{ (т/рік)}.$$

З них по джерелам :

Труба № 1 — 0,92 г/с, 8,92 т/рік ;

Труба № 2 — 1,62г/с, 13,05 т/рік.

Отримані в цьому розділі дані використаємо для подальшого аналізу ефективності природоохоронних заходів.

4 ЗАХОДИ ЩОДО ЗАХИСТУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

4.1 Загальні відомості про заходи щодо зменшення негативного впливу котельних на довкілля

Найбільш безпечним в екологічному сенсі викопним паливом вважається природний газ, оскільки у продуктах його згоряння немає золи, а викиди оксидів сірки, що утворюються у ході спалювання, є незначними порівняно з викидами від використання інших викопних ресурсів, завдяки дуже низькому вмісту сірки у природному газі (до 0,02 %). Однак Україна недостатньо забезпечена власним природним газом та іншими викопними енергоресурсами. Завдяки власному видобутку потреби країни можуть бути забезпечені лише частково: нафтою — на 10-12 %, природним газом — на 20-25 %, вугіллям — на 85-90 % [9].

Для зменшення залежності від імпортерів, в Україні розпочали пошуки альтернативних джерел енергії та розробку нетрадиційних технологій видобутку викопного палива.

Однією з таких технологій є видобуток сланцевого газу, що міститься в дрібнозернистих осадових породах, які характеризуються відносно високим вмістом органічної речовини та мають низьку пористість і дуже низьку проникність.

Технологія видобутку сланцевого газу передбачає нагнітання високого тиску в породі внаслідок постачання в неї через свердловину робочої рідини — пропанту, яка викликає гідравлічний розрив пласта і відкриває доступ до сланцевого газу. Для отримання пропанту використовують величезну кількість води (від 11 до 15 тис. м³ для однієї свердловини) та понад 500 різних хімічних речовин, серед яких важкі метали і природні радіоактивні матеріали.

Після розриву пласта утворення в ньому тріщин неможливо контролювати, а це може призвести до змішування прісних і сольових ґрунтових вод, що в подальшому перетвориться на багатокілометрові солончаки на місці полів і лісів.

Під час буріння свердловин для видобутку сланцевого газу, крім водного середовища, суттєво забруднюється повітря. У США (єдиній, крім Канади, країні, що має практичний досвід видобутку сланцевого газу) було підтверджено забруднення повітря внаслідок буріння свердловин бензолом та іншими потенційно токсичними нафтовими вуглеводнями (такими як етилбензол, толуол і диметилбензол), які викликають подразнення слизової оболонки очей, головний біль, біль у горлі, проблеми з диханням і високий ризик захворювання на рак, зокрема, лейкемію.

Крім того, транспортування і зберігання природного газу є вибухонебезпечними.

На даний час вугілля — єдиний викопний енергоресурс, потребу в якому Україна може майже цілком покрити за рахунок власних запасів, однак його видобуток також тягне за собою серйозні екологічні наслідки.

Видобуток вугілля призводить до утворення підземних порожнин і нагромадження відвалів гірської породи — териконів. Підземні порожнини з часом провалюються, а прилегла поверхня поступово просідає та затоплюється ґрунтовими водами, що призводить до руйнування природних екосистем.

Терикони ж не лише псуєть природний ландшафт, а й становлять значну небезпеку для людей. Вугілля всередині відвалів здатне до самозаймання, у ході якого відбувається виділення фтору та хлору (на початкових етапах горіння), розклад карбонатів до моно- та діоксидів вуглецю, а також дегідратація силікатів, унаслідок чого вивільнюється велика кількість води, забрудненої різноманітними хімічними сполуками. Перегоряючи, терикони стають крихкими, виникає реальна

небезпека обвалів. Крім екологічних наслідків, що спричиняє видобуток вугілля, його спалювання також супроводжується низкою проблем.

Вугілля не можна назвати ідеальним паливом: окрім посередніх теплотворних характеристик (17-25 МДж/кг), у процесі його згоряння в атмосферу надходять великі кількості золи, оксидів вуглецю й азоту, діоксид сірки, вуглеводні, в тому числі канцерогенний бензапірен, та незгорілі частинки твердого палива.

Так, сучасна ТЕС потужністю 2,5 млн кВт, що використовує до 20 тис. т вугілля на 31 добу, викидає щодобово в атмосферу 680 т SO₂ та SO₃ (при вмісті 1,7 % сірки в паливі), 200 т оксидів азоту NO_x, а також 120-240 т твердих часток у вигляді попелу, пилу і сажі (за умови ефективності системи пиловловлювання 94-98 %). Суттєву небезпеку несуть частки золи, що викидаються в атмосферу у вигляді твердих частинок і розсіюють радіоактивний пил. Під час спалювання вугілля на ТЕС у викидах зростає вміст радію-226 (в 3-6 разів) і свинцю-210 (в 5...10 разів), причому останній накопичується в попелі.

Середній вміст урану у вугіллі становить 3,6 г/т, торію - 4,2 г/т. Тому ТЕС, які працюють на вугіллі, значно забруднюють прилеглі території, інколи на сотні кілометрів, радіоактивними елементами. В їхніх околицях радіоактивність може значно перевищувати гранично допустимі норми, причому таке забруднення перевищує те, яке створюють атомні станції, котрі працюють у безаварійному режимі.

Не менш небезпечним є спалювання вугілля у приватних господарствах, котрі не мають високих труб і належних систем очищення.

Усі ці явища негативно впливають на здоров'я населення. Зокрема, на прилеглих до ТЕС територіях спостерігаються масові ураження силікозом, а також гіпоплазія зубів і патологія скелету у дітей.

Україна — агропромислова держава, яка має величезні незадіяні ресурси. Економічно доцільний енергетичний потенціал біомаси в Україні становить близько 20-25 млн т у.п./рік.

Основними складовими цього потенціалу є відходи сільськогосподарського виробництва (солома, стебла кукурудзи, стебла соняшнику і т.п.) — більше 11 млн т у.п./рік та плантації енергетичних культур — близько 10 млн т у.п./рік.

Отримання біопаливної сировини, зокрема, деревної біомаси, супроводжується низкою позитивних екологічних ефектів. Ще 2000 років тому тополі та верби використовували для захисту посівних культур і створення вітрозахисних лісосмуг. Високорослі та нещільні насадження добре підходять для контролю і запобігання вітровій ерозії ґрунту, щільноростучі чагарникові види створюють позитивний мікроклімат для польових культур і захищають від снігових заносів та буревіїв. Для деревних насаджень характерне більше видове різноманіття, порівняно з насадженнями 32 польових культур. Вирощування навіть швидкозмінних промислових тополиних плантацій має значний позитивний вплив на дикі види рослин і тварин. Вирощування енергетичних плантацій — раціональний спосіб використання деградованих і еродованих ґрунтів. Тополі та верби є, фактично, ідеальними рослинами для фітореємедіації, оскільки вони здатні рости в широкому діапазоні природних умов, мають глибокі корені та більшу тривалість життя порівняно з трав'янистими рослинами. Ці дерева здатні до рекультивації виснажених земель завдяки активному збагаченню ґрунтів (близько 60-80 % поживних речовин повертаються в землю разом з опалим листям).

З'ясовано, що тополі можуть мінералізувати деякі шкідливі та канцерогенні речовини: галогенізовані вуглеводні (тетрахлорид карбону, вініл хлорид, трихлоретилен, бензол, хлороформ), гербіциди, пестициди, інсектициди, важкі

метали (селен, свинець, кадмій, ртуть, мідь, цинк) та ін. хімічні сполуки з повітря, ґрунту і води.

Проблема глобальних змін клімату — одне з найбільш обговорюваних питань, що турбує всі екологічні асоціації у світі. Після ратифікації Україною вимог Кіотського протоколу наша держава взяла на себе зобов'язання знизити викиди вуглекислого газу.

Одна з найважливіших послуг, які ліс надає планеті й людству, стабілізація клімату, а саме захоронення вуглецю (поглинання CO_2) і сонячної енергії у процесі фотосинтезу, що відбувається згідно з брутто-реакцією.

У разі щорічного приросту біомаси за сухою речовиною 8-12 т/га дерева депонують з атмосфери 4-6 т/га вуглецю та продукують близько 3-4,5 т/га кисню протягом року. У процесі спалювання деревини емісія вуглекислого газу в атмосферу становить 320...216 мг CO_2 /кВтгод. Однак варто взяти до уваги, що в ході використання деревини як джерела енергії реалізується умовний нульовий баланс по вуглекислому газу: під час згоряння біомаси в атмосферу виділяється стільки CO_2 , скільки було адсорбовано у процесі фотосинтезу в період росту рослин, а у разі згоряння викопного пального, навпаки, вивільнюється вуглець, накопичений за мільйони років. Безумовно, не можна стверджувати, що біопаливо є повністю CO_2 — нейтральним, адже для закладання плантації, збирання врожаю і транспортування біопалива необхідне використання машин, які працюють на викопному паливі (так само як і для видобутку викопних енергоресурсів), проте емісія вуглекислого газу при повному життєвому циклі твердого біопалива значно менша порівняно з мінеральними енергоресурсами.

Крім того, частина вуглецю фіксується у ґрунті завдяки опаданню листя, що робить деревні рослини більш привабливим біопаливним матеріалом порівняно з однорічними польовими культурами.

Без сумніву, несприятливі фактори впливу на довкілля при використанні біомаси мають місце.

Пряме спалювання деревини супроводжується збільшенням обсягів викидів метану та чадного газу порівняно зі спалюванням вугілля, однак обумовлює суттєве зниження обсягів викидів оксидів сірки й азоту. При цьому кількість викидів шкідливих речовин залежить від вибору обладнання і технології енергоконверсії: спалювання біомаси вологістю 55-60 % не тільки значно зменшує вихід теплової енергії, а й порушує сам процес спалювання, що і є причиною збільшення емісії чадного газу, метану та оксидів азоту, а також підвищує кількість деревного вугілля в попелі.

Використання сировини з високим вмістом води унеможливорює створення безперервного процесу горіння через те, що частина енергії витрачається на підсушування матеріалу, а це, у свою чергу, призводить до неповного окиснення карбону й утворення чадного газу. Попереднє висушування біомаси та зниження у ній вмісту води до 10...15 %, що є невід'ємною стадією виробництва біопаливних пелет, суттєво знижує кількість шкідливих викидів у процесі спалювання.

Отже, переваги використання гранул (пелет) перед вугіллям та газом:

- низька ціна;
- порівняно велика теплотворна здатність;
- практично повне згоряння, що полегшує обслуговування котлів, частка попелу складає менше 3 %;
- низька вологість 8-12 %;
- нешкідливість для довкілля;
- незалежність від енергетичних компаній;

- деревні гранули пожежобезпечні — менш схильні до самозаймання, оскільки не містять пилу;

- висока енергоконцентрація при незначному об'ємі (при спалюванні 1000 кг гранул виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні 1600 кг деревини, 478,5 м³ газу, 500 л дизпалива та 685 л мазуту);

- висока щільність (у 1,5 рази більша, ніж у дров).

4.2 Система рециркуляції продуктів згоряння

Системи призначені для зниження кількості токсичних оксидів азоту в складі димових газів котельних агрегатів і зменшення теплового стомлення конструкційних елементів.

Системи розробляються для застосування на котельних агрегатах типу ДКВР-10/13 і ДЄ-25/14-ГМ, що використовують в якості палива природний газ.

Для кожного котельного агрегату призначена своя автономна система.

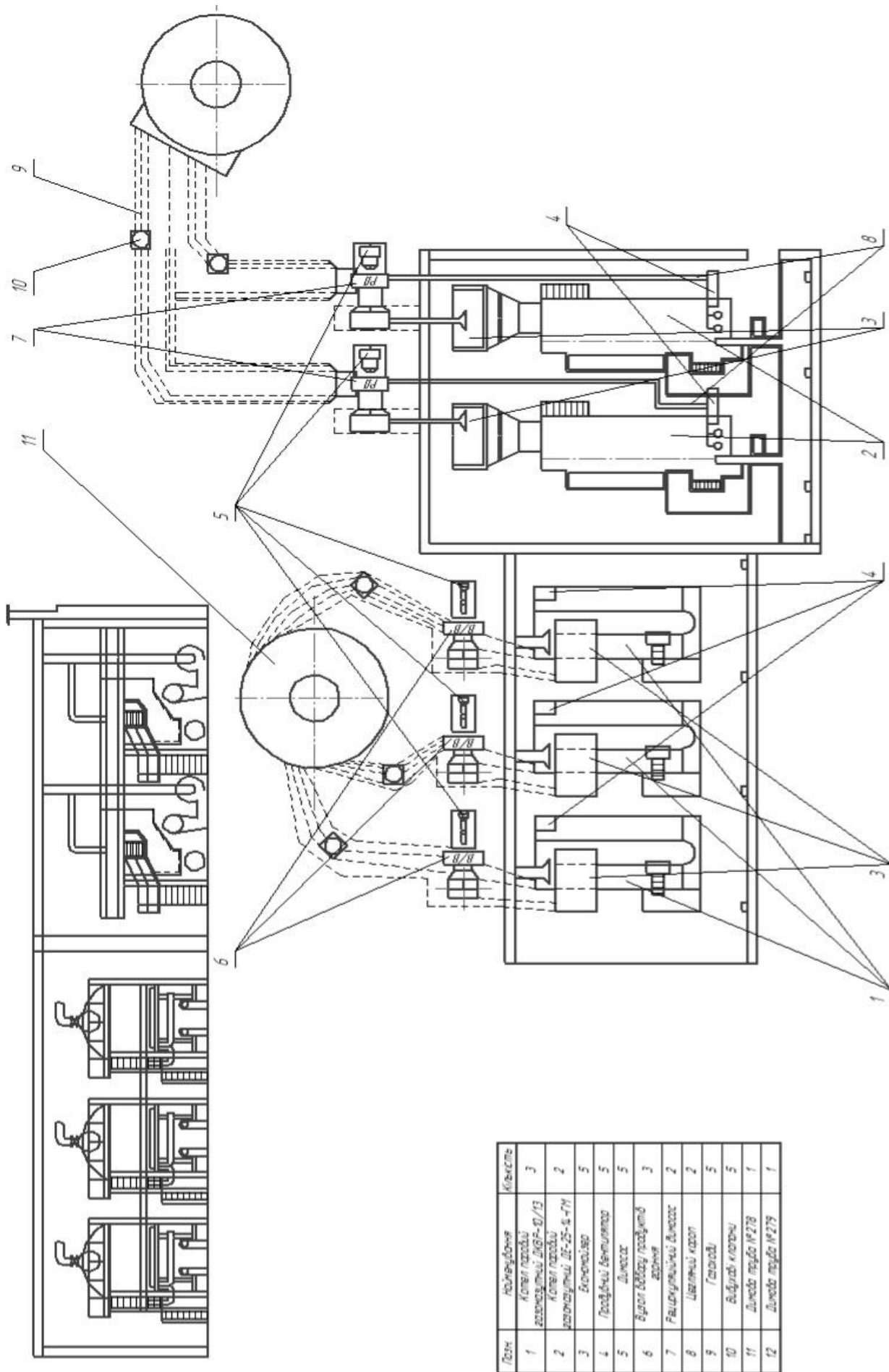
Системи відносяться до виробів одиничного виробництва, що збираються на місці експлуатації.

Системи мають наступні технічні характеристики за номінальним режимом, що представлені у табл. 4.1.

Таблиця 4.1 — Технічні характеристики системи рециркуляції димових газів

Характеристика газової суміші	ДКВР-10/13	ДЄ-25/14-ГМ
Температура продуктів згоряння, що відбираються на рециркуляцію, °С	110-120	120-135
Середній склад продуктів згоряння, % об.:		
- O ₂	4-6	2-3
- CO ₂	7-9	8-10,5
- CO	0-0,1	-
- NO _x , мг/м ³	140-190	-
- N ₂	решта	
Температура точки роси продуктів згоряння, °С	<= 70	
Степінь рециркуляції, %	10-25	
Кількість продуктів згоряння, що відбираються на рециркуляцію	650-2000	2000-6000
Степінь зниження NO _x в димових газах, %	30-50	

Система рециркуляції для котельних агрегатів типу ДЄ-25/14-ГМ передбачає використання рециркуляційного димососа (типу Д-10 або іншого з близькими характеристиками, в т. ч. вентилятора, що застосовується для подачі дуючого повітря).



Пом.	Найменування	Кількість
1	Котел паровий автоматичний ДІР-8/13	3
2	Котел паровий автоматичний ДІ-25-8-7Н	2
3	Блок палива	5
4	Профінші Аенчиллар	5
5	Димар	5
6	Вентиль відбору парової води	3
7	Регулювальний димар	2
8	Шляхний капот	2
9	Газовий	5
10	Відвали котли	5
11	Димар №278	1
12	Димар №279	1

Рисунок 4.1 — Розміщення основного обладнання котельної

Продукти згоряння відбираються з нагнітаючої лінії рециркуляційного димососа (ДН-12,5). В склад системи рециркуляції входять рециркуляційний димосос (з регулюючою заслінкою), запірні заслінки і газоходи. Гази рециркуляції подаються на вхідний патрубок дууючого вентилятора (ВДН-11,2).

Застосування рециркуляційного димососа дозволяє легко змінювати кількість рециркулюючих газів при зміні теплового режиму котельного агрегату, суттєво спрощує регулювання і настройку системи, підвищує її надійність .

При відкритих запірних заслінках продукти згоряння, які подаються на вхід дууючого вентилятора, ефективно змішуються з повітрям і подаються на горілочні пристрої. Запірні засувки служать для відключення системи рециркуляції (при профілактичному ремонті або переході на резервне паливо).

Ввімкнення системи рециркуляції проводиться після розпалення котельного агрегату і виходу його на заданий режим. При переході котлоагрегату на режим з більшим навантаженням переведення системи рециркуляції виконується зміною положення регулюючої засувки після установки потрібної витрати по газу і дууючому повітряю. При переході на режим з меншим навантаженням спочатку приводять у відповідне положення регулюючу засувку рециркуляційного димососа, після чого встановлюють потрібні витрати газу і повітря.

Для запобігання конденсації вологи газоходи системи рециркуляції теплоізолюються.

Для контролю роботи системи використовуються термометри на тракті рециркуляції і дууючого повітря. Відносна вологість суміші вимірюється гігрометром типу АПГ-206, АПГ-201. Концентрація NO_x в димових газах визначається за допомогою приладів 344 ХЛ-01 або “Евдіометр” .

Система рециркуляції продуктів згоряння для котельних агрегатів ДКВР-10/13 принципово відрізняється від описаної вище системи відсутністю рециркуляційного димососа.

При цьому були прийняті до уваги наступне:

- близьке розташування дуючих вентиляторів і основних димососів, що дозволяє при відповідній конструкції вузла відбору продуктів згоряння використовувати напір, який створюється димососом, і розрідження, яке створюється вентилятором, для подачі необхідної кількості газів рециркуляції в дуюче повітря;
- відсутність необхідних майданів для установки димососів рециркуляції, що потягнуло б за собою вагоме збільшення матеріальних затрат;
- фактично вичерпний ресурс роботи котлоагрегатів типу ДКВР-10/13.

Визначаючим фактором все ж була вдале компонування тягодуючого обладнання котельні, яке дозволяє принципово виконати дане технічне рішення. В склад системи рециркуляції для котельних агрегатів ДКВР-10/13 входять вузол відбору продуктів згоряння, запірна засувка, газохід.

Призначення вузла відбору продуктів згоряння — найбільш ефективно використання напору основного димососа, мінімізація аеродинамічного опору в тракті рециркуляції і установка потрібної витрати продуктів згоряння на рециркуляцію.

Продукти згоряння, що відбираються на рециркуляцію, подаються на всмоктуючий патрубок дуючого вентилятора, ефективно змішуються з повітрям і поступають на форсунку. Запірна засувка в лінії рециркуляції служить для повного перекриття подачі продуктів згоряння в повітряний тракт і може використовуватись при регулюванні і настроюванні системи.

Ввімкнення системи рециркуляції проводиться після розпалення котлоагрегату і виходу його на заданий режим .

Перевід системи рециркуляції на інший режим при зміні режиму навантаження котла виконується зміною положення регулюючої засувки, причому при переході котла на тепловий режим з більшим навантаженням спочатку встановлюються необхідні витрати палива і повітря, після чого встановлюється нове положення засувки.

При переході котла на тепловий режим з меншим навантаженням спочатку змінюють положення засувки системи рециркуляції, після чого встановлюють потрібні витрати газу і повітря.

Для запобігання конденсації вологи газоходи системи рециркуляції теплоізольовуються.

Контроль роботи системи рециркуляції здійснюється за допомогою термометрів на тракті рециркуляції і дуючого повітря. Відносна вологість суміші вимірюється гігрометром типу АПГ-206, АПГ-201. Концентрація NO_x в димових газах визначається за допомогою приладів 344 ХЛ -01 або “Евдіометр”.

Температурне поле паливних камер котельних агрегатів характеризується неоднорідністю. Максимальні локальні температури можуть перевищувати 2000 К.

Від температури в зоні горіння суттєво залежить утворення “термічних” оксидів азоту, які дають визначальний внесок у загальну долю токсичності димових газів. Утворення оксиду азоту протікає через ряд стадій, загальна швидкість процесу визначається швидкістю реакції між молекулярним азотом повітря і атомарним киснем. Енергія активації останньої реакції дуже висока, що обумовлює виключно сильну залежність вмісту оксиду азоту в продуктах згоряння від температури. З цієї причини наявність локальних максимумів

температури викликає значну інтенсифікацію процесу утворення оксидів азоту. З ціллю запобігання цього явища використовується баластування палива або дуючого повітря. Останнє досягається подачею частини димових газів на вхід котельного агрегату (рециркуляцією). Метод рециркуляції продуктів згорання дозволяє зменшити відносний вміст домішок в окислювачу і максимальні температури в факелі, досягнути більшої однорідності температурного поля. Це сприяє, в першу чергу, пригніченню утворення термічних оксидів азоту, а також пом'якшує умови експлуатації конструкційних матеріалів теплообмінних елементів котельного агрегату, зменшуючи накопичення теплового стомлення.

Застосування рециркуляції впливає і на інші показники паливного процесу, крім зниження утворення окислів азоту, суттєвим є зміна концентрації кисню і коефіцієнта надлишку повітря, а також теплообміну в топці.

Із збільшенням степені рециркуляції спостерігається зниження концентрації кисню, що в свою чергу, приводить до зменшення швидкості реакції горіння і "розтягуванню" зони горіння. Останнє веде до більш ефективного охолодження цієї зони і пом'якшує умови експлуатації теплообмінних елементів. Відповідним чином зменшується і коефіцієнт надлишку кисню в вихідних газах.

Вплив рециркуляції продуктів згорання на теплообмін в топці виражається, головним чином, перерозподілом загального теплового навантаження між екранними і конвективними пучками, що приводить до пом'якшення умов експлуатації конструкційних елементів котла.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ РЕЦИРКУЛЯЦІЇ ДИМОВИХ ГАЗІВ

5.1 Екологічне обґрунтування

Під екологічним обґрунтуванням розуміємо проведення розрахунків приземних концентрацій шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери.

Розрахунок розсіювання проводиться відповідно до «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин та викиди підприємств»

Вихідними даними для розрахунку є:

- а) виробничо-технологічні параметри джерел викиду шкідливих речовин;
- б) схема генерального плану підприємства з зазначенням координат джерел викидів в атмосферу за даними технологічних організацій;
- в) показники по існуючому і прогнозованому фоновому забрудненню атмосферного повітря в районі проєктованого підприємства за даними місцевої санепідемстанції (СЕС) та гідрометеослужби;
- г) розрахункова температура повітря °С найбільш холодного і теплого періоду року, дані про середню швидкість вітру м/с, і повторюваність вітру, % за матеріалами довголітніх спостережень сусідньої до місця будівництва метеостанції.

Результати розрахунку поширення шкідливих речовин в атмосфері опрацьовуються й оформляються для кожного виду речовин у вигляді ізоліній, що наносяться на схему генерального плану по заготовленій прямокутній координатній сітці з розмірами для генерального плану району або міста 400-500 м, а для підприємства 100-200 м.

Значення однакових показників вмісту шкідливих речовин на плані

місцевості з'єднуються ізолініями.

При встановленні зон забруднення населених пунктів критеріями є показники ГДК шкідливих речовин в атмосферному повітрі населених місць.

Встановлювати розміри меж санітарно-захисних зон, обумовлені в межах зон забруднення треба з урахуванням конкретних умов планування промислового району міста й узгоджувати з місцевими органами санітарного нагляду.

Перед визначенням розмірів санітарно-захисної зони варто попередньо встановити розмір ГДВ по кожному виду шкідливої речовини, що міститься у викидах підприємства.

Якщо розмір ГДВ виявився вищим або рівним вихідному розміру викиду відповідно до технологічних даних, подальшого розрахунку по визначенню розмірів санітарно-захисної зони можна не робити. У цих випадках вона встановлюється мінімальна за узгодженням із місцевими органами санітарного нагляду.

Розмір санітарно-захисної зони може встановлюватися мінімальним, якщо розрахункова межа зони забруднення виявиться в межах території підприємства або якщо розрахункова відстань від джерела викиду до місця, на якому досягається рівень ГДК, менше розміру встановленого для відповідного класу шкідливості підприємства згідно санітарної класифікації виробництв (СН 245-71). Збільшення висоти джерел викиду з метою досягнення кращого розсіювання в атмосферу шкідливих речовин варто застосовувати тільки після використання всіх сучасних технологічних засобів по скороченню обсягу викиду. При чому, з огляду на те, що зі збільшенням висоти джерела викиду віддаляється від джерела місце встановлення максимальної приземної концентрації, слід простежити, щоб ці заходи не викликали необхідності розширення санітарно-захисної зони.

Методичне керівництво передбачає розрахунок по визначенню відстані, на

якій досягається рівень допустимої приземної концентрації шкідливих речовин від таких видів джерел викиду:

- від поодинокого точкового джерела з круглим устям викиду холодної газоповітряної суміші;
- від джерела із прямокутним устям викиду холодної газоповітряної суміші;
- від групи джерел.

Порядок розрахунку. По кожному джерелу визначаються:

- розмір максимальної приземної концентрації C_m , м^3 , аналізованої шкідливої речовини;
- розмір небезпечної швидкості вітру U_m , м/с , при якій має місце найбільше значення приземної концентрації шкідливих речовин в атмосферному повітрі;
- розмір максимальної приземної концентрації C_{mi} , мг/м^3 , з урахуванням показників місцевої середньої швидкості вітру в розрахованих напрямках;
- відстань X_m , м , від джерела, на якому досягається максимальний розмір приземної концентрації C_m , мг/м^3 ;
- відстань X_{mi} , м , від джерела на якій досягається максимальна приземна концентрація C_{mi} , мг/м^3 , з урахуванням показників місцевої середньої швидкості вітру u у розрахункових напрямках;
- відстань X , м , від джерела в розрахунковому напрямку, на якому досягається рівень приземної концентрації аналізованої шкідливої речовини, що не перевищує ГДК;

Перед початком проведення розрахунку по визначенню розмірів санітарно-захисної зони з урахуванням вихідних даних для розрахунку варто перевірити для кожного джерела розмір ГДВ шкідливої речовини. Якщо розрахунковий показник ГДВ, г/с , вище кількості, що викидається речовини M , г/с , прийнятого для

розрахунку, і якщо нема поблизу інших джерел з аналогічним видом викиду (фонового забруднення), подальший розрахунок від даного джерела може не проводитися.

Розмір максимальної приземної концентрації шкідливих речовин C_m , мг/м³, визначається за формулою [25]:

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (5.1)$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації атмосфери, який визначає умови вертикального і горизонтального розсіювання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

M – кількість шкідливої речовини, що викидається в атмосферу, г/с;

F – безрозмірний коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі;

m і n – безрозмірні коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з устя джерела;

H – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

η – коефіцієнт урахування рельєфу місцевості.

V_1 – об'єм газоповітряної суміші, м³/с, що викидається в атмосферу, визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (5.2)$$

де D – діаметр, м, устя джерела викиду;

ω_0 – середня швидкість викиду газоповітряної суміші з устям джерела викиду, м/с;

Значення коефіцієнта A , що відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація забруднюючих речовин в атмосферному повітрі найбільша, приймається 200 для України ($\text{сек}^{2/3} \text{мг} \cdot \text{°C}^{1/3}$).

Значення потужності викиду M (г/с) і витрати газоповітряної суміші V_1 ($\text{м}^3/\text{с}$) при проектуванні підприємства визначається розрахунком в технологічній частині проекту або приймається у відповідності до діючих для даного виробництва (процесу) нормативами. В розрахунку приймаються M і V_1 , що реально мають місце на протязі року при встановлених (звичайних) умовах експлуатації підприємства, при яких досягається максимальне значення C_m .

При визначенні значення ΔT (°C) слід приймати температуру навколишнього атмосферного повітря T_i (°C), яка дорівнює середньому максимальній температурі зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця року за СНіП 2.01.01- 82, а температуру викидуваної в атмосферу газоповітряної суміші T_g (°C) - за діючими для даного виробництва нормативам.

Примітка. Значення безрозмірного коефіцієнта F повинна прийматися:

- для газоподібних шкідливих речовин та дрібнодисперсних аерозолів – 1;
- для пилу та золи, якщо середній експлуатаційний коефіцієнт очистки дорівнює: не менш 90% – 2; від 75 до 90% – 2,5; менше 75% – 3;

Значення коефіцієнтів m і n визначається в залежності від параметрів f , V_m , V_m' та f_e :

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T}, \quad (5.3)$$

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}, \quad (5.4)$$

$$V'_m = 1,3 \frac{\omega_0 * D}{H}, \quad (5.5)$$

$$f_e = 800(V'_m)^3 \quad (5.6)$$

Величина безрозмірного коефіцієнту m визначається за формулою:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100; \quad (5.7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100 \quad (5.8)$$

Величина безрозмірного коефіцієнту n при $f < 100$ визначається в залежності від параметра V_m , м/с:

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13V_m + 3,13 \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2; \quad (5.9)$$

$$n = 4,4V_m \quad \text{при } V_m < 0,5; \quad (5.10)$$

$$n = 1 \quad \text{при } V_m \geq 2 \quad (5.11)$$

Після проведення відповідних розрахунків та після проведення аналізу отриманих результатів можна зробити висновок, що на границі санітарно-захисної зони підприємства, яка встановлена на сучасний стан, мають місце перевищення допустимих концентрацій по таких шкідливих речовинах – пилнетоксичний, оксид вуглецю, діоксид азоту.

Вихідні дані для розрахунку:

1 Розмір території 1000 : 1000м

2 Напрямок вітру – північ

3 Параметри газопилової суміші (табл. 5.1)

Таблиця 5.1– Параметри газопилової суміші

Речовина	M, г/с	ω , м/с	H, м	D, м	T _г , °C	ГДК _{м.р} , мг/м ³	ГДК _{с.д} , мг/м ³
СО	350	2,5	60	0,8	185	5,0	3,0
NO ₂	10,4	2,5	60	0,8	185	0,085	0,04
Пил нетоксичний	30,0	2,5	60	0,8	185	0,5	0,05

Після проведених розрахунків отримані результати зведено у таблицю 5.2

Таблиця 5.2 – Максимальні приземні і гранично допустимі концентрації ЗР, що викидаються котлоагрегатами

Назва ЗР	Маса, г/с, М	Висота, м, Н	Витрата, м ³ /с, V ₁	Коефіцієнти				
				A	F	η	m	n
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СО	350	60	1,256	200	1	1	1,34	1,55
Пил нетоксичний	10,4				3			
NO ₂	30,0				1			

Таблиця 5.3 – Максимальні приземні і гранично допустимі концентрації ЗР, що викидаються котлоагрегатами

Коефіцієнти				C _{max} , мг/м ³	ГДК _{max} мг/м ³	ГДК с.д., мг/м ³	Клас шкідливості речовини
f	V _m	V _m ¹	fe				
10	11	12	13	14	15	16	17
0,0085	0,98	0,043	0,064	6,831	5,0	3,0	4
				1,756	0,5	0,05	3
				0,203	0,085	0,04	2

Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин C_m при несприятливих метеорологічних умовах досягається на осі факелу викидів (в напрямку середнього вітру за період, який розглядається) на відстані X_m (м) від джерела викиду:

$$X_m = \frac{5-F}{4} * dH, \quad (5.12)$$

де безрозмірний коефіцієнт d при $f < 100$ обчислюють за формулами:

$$d = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } V_m \leq 0,5; \quad (5.13)$$

$$d = 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } 0,5 \leq V_m \leq 2; \quad (5.14)$$

$$d = 7 \sqrt{V_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \quad \text{при } v_m > 2. \quad (5.15)$$

Таблиця 5.4 – Результати розрахунків відстані формування максимальних приземних концентрацій

d	5,130		
ЗР	СО	Пил нетоксичний	NO ₂
F	1	3	1
X _m (м)	307,85	154,0	307,85

Для речовин, концентрації яких перевищують гранично допустимі максимальні разові концентрації, розраховують відстань, на якій формується концентрація в межах ГДК. За небезпечної швидкості вітру V_m приземну концентрацію шкідливих речовин C (г/м³) в атмосфері по осі факела викиду на різних відстанях X_m від джерела викиду визначають за формулою:

$$C = S_1 * C_m, \quad (5.16)$$

де S_1 – коефіцієнт, який визначається залежно від відношення X/X_m і коефіцієнта F .

$$S_1 = 3(X/X_m)^4 - 8(X/X_m)^3 + 6(X/X_m)^2, \text{ при } X/X_m \leq 1 \quad (5.17)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13(X/X_m)^2 + 1} \text{ при } 1 < X/X_m \leq 8 \quad \dots\dots\dots(5.18)$$

$$S_1 = \frac{X/X_m}{3,58(X/X_m)^2 - 35,2(X/X_m) + 120} \text{ при } X/X_m > 8, F \leq 1,5 \quad (5.19)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X/X_m)^2 + 2,47(X/X_m) - 17,8} \text{ при } X/X_m > 8, F > 1,5 \quad (5.20)$$

Розраховуємо приземні концентрації забруднюючої речовини по осі факелу викидів на відстанях $0,5\tilde{O}_i$, $3\tilde{O}_i$, $6\tilde{O}_i$, а результати зводимо у таблицю 2.5

Таблиця 5.5 – Результати розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин по осі факелу викидів

	CO	NO ₂		Пил нетоксичний
$154/X_m$	0,50	0,50	$77/X_m$	0,50
S ₁	0,689	0,689	S ₁	0,688
C _x , мг/м ³	4,699	0,140	C _x , мг/м ³	1,208
$924/X_m$	3,00	3,00	$462/X_m$	3,00
S ₁	0,520	0,106	S ₁	0,520
C _x , мг/м ³	3,556	0,254	C _x , мг/м ³	0,914
$1847/X_m$	5,99	5,99	$924/X_m$	6,00
S ₁	0,199	0,199	S ₁	0,199
C _x , мг/м ³	1,359	0,040	C _x , мг/м ³	0,349

Розподіл концентрацій забруднюючих речовин по осі факелу зображено на рисунках 5.1 – 5.3



Рисунок 5.1

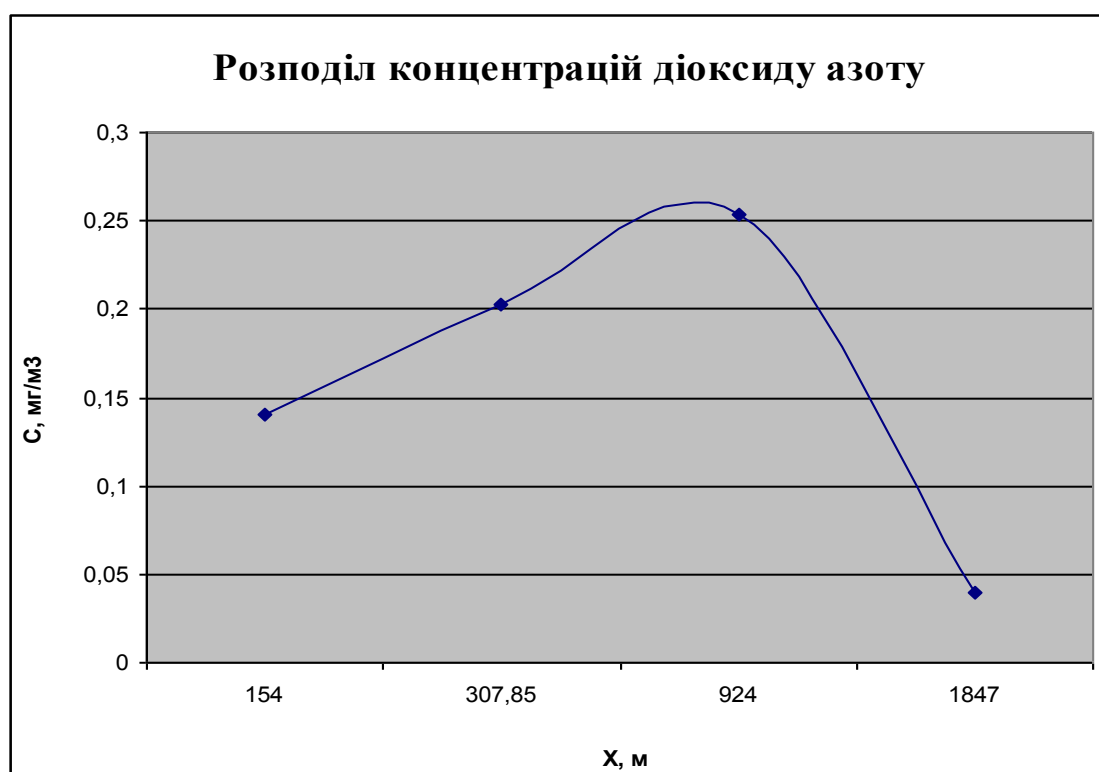


Рисунок 5.2

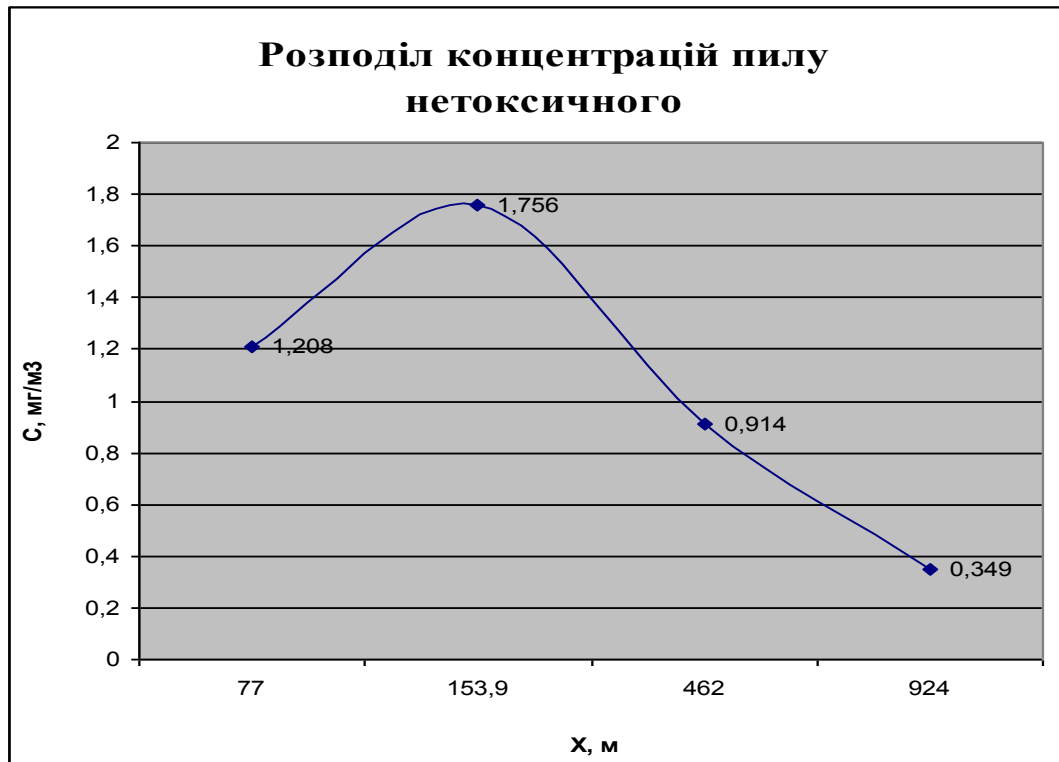


Рисунок 5.3

Розрахуємо приземні концентрації C_y , мг/м^3 забруднюючих речовини на перпендикулярах до осі факелу викидів на відстані від джерела забруднення $0,5\tilde{\sigma}_i$, $\tilde{\sigma}_i$, $3\tilde{\sigma}_i$, $6\tilde{\sigma}_i$. Відстань по перпендикуляру від осі факелу становить $\delta_j = 50, 100, 200, 300, 400\text{ м}$

$$C_y = S_2 * C_M \text{ для } X_M; \quad (5.21)$$

$$C_y = S_2 * C_i \text{ для } 3X_M \text{ та } 6X_M. \quad (5.22)$$

де S_2 – безрозмірний коефіцієнт, який розраховують за значенням аргументу t_y при небезпечній швидкості вітру U_M , що при $V_m \leq 2$ і $f < 100$ рівна V_m .

Величину t_y знаходять за формулами:

$$t_y = \frac{U_m * y_i^2}{X_i^2} \quad \text{при } U_m \leq 5; \quad (5.23)$$

$$t_y = \frac{5y_i^2}{X_i^2} \quad \text{при } U_m > 5; \quad (5.24)$$

де y_i – відстань по перпендикуляру від осі факелу викидів, м (слід приймати $y_i = 50, 100, 200, 300$ і 400 м);

X_i – відстань від ДЗА до віддалення даного перпендикуляра, м (X_i задано вище рівним $0,5X_m, X_m, 3X_m$ і $6X_m$).

Значення S_2 визначають за формулою

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5t_y + 12,8t_y^2 + 17t_y^3 + 45,1t_y^4)^2} \quad (5.25)$$

Результати розрахунку приземних концентрацій C_y , мг/м³ забруднюючих речовини на перпендикулярах до осі факелу викидів на відстані від джерела забруднення $0,5\tilde{O}_i, \tilde{O}_i, 3\tilde{O}_i, 6\tilde{O}_i$ приведені в таблицях.

Результати розрахунку приземних концентрацій C_y , мг/м³ забруднюючих речовини на перпендикулярах до осі факелу викидів на відстані від джерела забруднення $0,5\tilde{O}_i, \tilde{O}_i, 3\tilde{O}_i, 6\tilde{O}_i$ більші за приведені в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунку приземних концентрацій C_y

0,5X _m	50м	100м	200м	300м	400м
C _y пил, мг/м ³	0,0199	0,00001	1,4198E-10	2,32095E-13	2,38141E-15
0,5X _m	50м	100м	200м	300м	400м
C _y CO, мг/м ³	1,6680	0,0774	2,22E-05	4,94E-08	5,52E-10

$C_y \text{NO}_2, \text{мг/м}^3$	0,0496	0,0023	6,59E-07	1,47E-09	1,64E-11
$C_y \text{пил}, \text{мг/м}^3$	0,6236	0,0289	8,29283E-06	1,84496E-08	2,06405E-10
X_M	50м	100м	200м	300м	400м
$C_y \text{CO}, \text{мг/м}^3$	5,2726	2,4249	0,1126	0,0016	3,22E-05
$C_y \text{NO}_2, \text{мг/м}^3$	0,1567	0,0721	0,0033	4,89E-05	9,58E-07
$3X_M$	50м	100м	200м	300м	400м
$C_y \text{пил}, \text{мг/м}^3$	0,8149	0,5769	0,1451	0,0151	0,0009
$3X_M$	50м	100м	200м	300м	400м
$C_y \text{CO}, \text{мг/м}^3$	3,4544	3,1689	2,2434	1,2621	0,5642
$C_y \text{NO}_2, \text{мг/м}^3$	0,1026	0,0942	0,0667	0,0375	0,0168
$C_y \text{пил}, \text{мг/м}^3$	0,3393	0,3112	0,22	0,12	0,06
$6X_M$	50м	100м	200м	300м	400м
$C_y \text{CO}, \text{мг/м}^3$	1,3493	1,3205	1,2114	1,0490	0,8576
$C_y \text{NO}_2, \text{мг/м}^3$	0,0401	0,0392	0,0360	0,0312	0,0255

Таблиця 5.6 – Приземні концентрації C_y забруднюючих речовини на перпендикулярах до осі факелу викидів на відстані від джерела забруднення

CO (концентрації більші за 0,1 мг/м ³)				
$X_i, \text{м}$	$X_M/2$	X_M	$3X_M$	$6X_M$
1	2	3	4	5
$Y_i, \text{м}$	$C_y, \text{мг/м}^3$			
0	4,699	6,831	3,556	1,359
50	1,668	5,2726	3,4544	1,3493
100		2,4249	3,1689	1,3205

200		0,1126	2,2434	1,2114
300			1,2621	1,0490
400			0,5642	0,8576
NO ₂ (концентрації більші за 0,001 мг/м ³)				
$X_i, \text{ м}$	$X_M/2$	X_M	$3X_M$	$6X_M$
$Y_i, \text{ м}$	$C_y, \text{ мг/м}^3$			
0	0,140	0,2030	0,140	0,040
50	0,0496	0,1567	0,1026	0,0401
100	0,0023	0,0721	0,0942	0,0392
200		0,0033	0,0667	0,0360
300			0,0375	0,0312
400			0,0168	0,0255

Пил (концентрації більші за 0,01 мг/м ³)				
$X_i, \text{ м}$	$X_M/2$	X_M	$3X_M$	$6X_M$
1	2	3	4	5
$Y_i, \text{ м}$	$C_y, \text{ мг/м}^3$			
0	1,208	1,756	0,914	0,35
50	0,0199	0,6236	0,8149	0,34
100		0,0289	0,5769	0,31
200			0,1451	0,22
300			0,0151	0,12
400				0,06

5.2 Економічне обґрунтування

Під економічною шкодою від забруднення навколишнього середовища розуміється грошова оцінка негативних змін загальних властивостей навколишнього середовища під дією забруднювачів. Мається на увазі широкий спектр наслідків – від погіршення стану здоров'я людини, що змушена дихати забрудненим повітрям, та пити воду, що містить шкідливі домішки, до збитків, що викликані прискоренням корозією металів, зниженням продуктивності сільськогосподарських угідь, загибеллю риби та інше.

Спостерігаючи зв'язок між забрудненням навколишнього середовища та збитками, що наносяться людині та її діяльності, виникає бажання кількісної оцінки цих збитків в універсальному вигляді. Це потрібно для того, щоб надалі можна було б їх зрівнювати з іншими витратами та збитками, у тому числі із збитками на попередження забруднення. Знаючи об'єми викидів V , ми хочемо підрахувати всі збитки, що викликані цими збитками. Іншими словами, ми хочемо розрахувати суму:

$$Ш_i = Ш_1 \cdot (V) + Ш_2 \cdot (V) + \dots + Ш_n \cdot (V),$$

де $Ш$ – грошова оцінка шкоди, а $Ш_1(V)$, $Ш_2(V)$, ..., $Ш_n(V)$ – величина шкоди, що виникає у різних сферах діяльності через погіршення якості навколишнього природного середовища, що являється наслідком шкідливих викидів. За основу при замірі шкоди, як правило, береться наступна сфера причинно-наслідкових зв'язків: викиди шкідливих домішок із джерел їх утворення – концентрація домішок у атмосфері (водоймі) – натуральна шкода – економічна шкода.

Перша стадія – аналіз об'ємів та структури викидів. Далі для вимірювання їх концентрації проводять розрахунок розвіювання шкідливих домішок. Для викидів у атмосферу, наприклад, враховується: місце розташування джерела, висота труби, роза вітрів, погодні умови, рельєф місцевості та деякі інші фактори.

Знаючи концентрацію шкідливих домішок, можна зробити наступне: оцінити натуральну дію на навколишнє середовище та господарську діяльність. Мова ведеться про наступні види дії:

1. погіршення якості життя (враховуючи ріст захворюваності, смертності, погіршення умов реакції та інше);
2. скорочення строків служіння майна (основних фондів та інше);
3. ріст концентрації шкідливих домішок у повітрі, що використовують у виробництві;
4. скорочення врожайності у сільському та уповільнення приросту біомаси у лісовому господарстві.

Ці та деякі інші фактори враховуються при оцінці натуральної шкоди. На основі емпіричних даних будуються функціональні залежності між концентраціями шкідливих домішок та змінами натуральних показників.

Наступна дія і оцінка натуральних змін проводиться у грошових вимірювачах. Шкода $Ш_i$ оцінюється за формулою:

$$Ш = \sum_{i=1}^n X_i B_i \quad (),$$

де X_i – натуральна зміна і-го фактора;

B_i – його грошова оцінка, тобто $X_i B_i = Ш_{i(V)}$, та характеризує величину збитків, які викликані натуральними змінами і-го фактора.

Механізм виникнення шкоди від забруднення роз'яснимо за допомогою мал.1

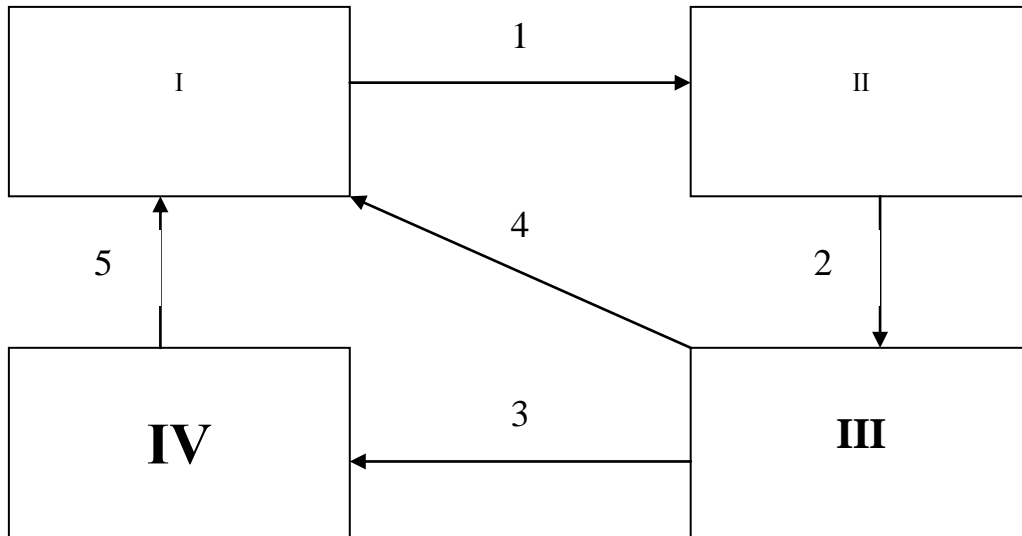


Рисунок 5.4 — Механізм виникнення шкоди від забруднення

Позначення:

I – соціально-економічна система;

II – природне середовище;

III – умови життєдіяльності;

IV – соціально-економічні показники, що характеризують рівень матеріального стану;

1 – викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище;

2 – зміна умов життєдіяльності під дією зміни основних властивостей навколишнього середовища;

3 – зміна соціально-економічних показників, що характеризують рівень життя;

4 – погіршення умов виробництва через зміну якості навколишнього середовища;

5 – зниження виробничого потенціалу через погіршення рівня життя;

Говорячи про показники, що характеризують зміну навколишнього природного середовища, виникає питання про точку відліку. Необхідно знати, як вихідний стан навколишнього природного середовища, так і як він змінився. Наприклад, якщо у базовий момент часу значення викидів було V , а значення соціально-економічних показників знизилось на Π . У подібному випадку можна сказати, що Π – це шкода від викидів у об'ємі V .

Практична реалізація метода здійснюється за формулою:

$$\Pi_i = K_m \cdot M_i \cdot V_i,$$

де K_m – місцевий коефіцієнт, який враховує особливості території;

$$K_m = 1,69;$$

V_i – величина шкоди викиду i -го забруднювача;

M_i – приведена маса викиду, т/рік.

Цей метод оцінки шкоди від забруднення навколишнього природного середовища має як прихильників, так і супротивників. Його безумовна перевага – легкість розрахунків. Така перевага одночасно є його недоліком – результати розрахунків не дуже точні.

Під економічною шкодою від забруднення навколишнього природного середовища розуміють грошову оцінку негативних змін основних природних властивостей під дією забруднення.

Викиди шкідливих речовин приводять до зміни природних властивостей природних об'єктів. Зміни негативно впливають на умови життєдіяльності людини, наслідки погіршення яких оцінюються у грошах. Це і є шкода.

При вимірі шкоди дуже важливо знати вихідний етап, по відношенню до якого ми визначаємо зміни навколишнього середовища.

Розрахунок орієнтовної величини економічної шкоди від забруднення повітряного басейну ґрунтується на визначенні величини викидів шкідливих речовин для кожного джерела забруднення і для кожної речовини з врахуванням потужності викиду. Перелік джерел та номенклатуру викидів взято з технічної документації.

$$Ш_i = K_m \cdot M_i \cdot B_i,$$

де K_m – місцевий коефіцієнт, який враховує характер соціально-економічних властивостей місцевості;

M_i – приведена маса викидів i -ої речовини, т/рік;

B_i – величина шкоди від викиду 1 т i -го забруднювача, грн/т.

K_m — дорівнює 1,69;

$B_{NO_x} = 53$ грн/т;

$B_{SO_3} = 53$ грн/т;

$B_{сажі} = 13$ грн/т;

$B_{CO} = 2$ грн/т;

$B_{V_2O_5} = 199$ грн/т.

Для джерела № 1:

$Ш_{NO_x} = 1,69 \cdot 0,11 \cdot 53 = 9,85$ грн;

Для джерела № 2:

$Ш_{NO_x} = 1,69 \cdot 0,082 \cdot 53 = 7,34$ грн;

Для джерела № 3:

$Ш_{NO_x} = 1,69 \cdot 0,152 \cdot 53 = 13,61$ грн;

Для джерела № 4:

$Ш_{NO_x} = 1,69 \cdot 0,091 \cdot 53 = 8,15$ грн;

Для джерела № 5:

$Ш_{NO_x} = 1,69 \cdot 0,064 \cdot 53 = 5,73$ грн;

Для джерела № 6:

$$Ш_{\text{NOx}} = 1,69 \cdot 0,0342 \cdot 53 = 3,063 \text{ грн};$$

Для джерела № 7:

$$Ш_{\text{CO}} = 1,69 \cdot 4,95 \cdot 2 = 16,73 \text{ грн};$$

$$Ш_{\text{NOx}} = 1,69 \cdot 8,92 \cdot 53 = 798,96 \text{ грн};$$

Для джерела № 8:

$$Ш_{\text{сажі}} = 1,69 \cdot 0,6 \cdot 13 = 13,18 \text{ грн};$$

$$Ш_{\text{SO}_3} = 1,69 \cdot 41,16 \cdot 53 = 3686,70 \text{ грн};$$

$$Ш_{\text{CO}} = 1,69 \cdot 19,15 \cdot 2 = 64,73 \text{ грн};$$

$$Ш_{\text{NOx}} = 1,69 \cdot 13,05 \cdot 53 = 1168,89 \text{ грн};$$

$$Ш_{\text{V}_2\text{O}_5} = 1,69 \cdot 0,18 \cdot 199 = 60,53 \text{ грн}.$$

Загальна шкода:

$$\begin{aligned} Ш_{\Sigma} &= 9,85 + 7,34 + 13,61 + 8,15 + 5,73 + 3,063 + 16,73 + 798,96 + 13,18 + \\ &3686,7 + 64,73 + 1168,89 + 60,53 = 5857,463 \text{ грн}. \end{aligned}$$

Після запропонованого методу рециркуляції для джерела № 1:

$$Ш_{\text{NOx}} = 1,69 \cdot 13,05 \cdot (1 - 0,3) \cdot 53 = 818,22 \text{ грн}.$$

Тоді загальна шкода становитиме:

$$\begin{aligned} Ш_{\Sigma} &= 9,85 + 7,34 + 13,61 + 8,15 + 5,73 + 3,063 + 16,73 + 798,96 + 13,18 + \\ &3686,7 + 64,73 + 818,22 + 60,53 = 5506,793 \text{ грн}. \end{aligned}$$

5.3 Технологічне обґрунтування

Основною проблемою модернізації будь-якого виробництва для задовільнення вимог екологічного законодавства та екологічної політики по зменшенню навантаження на довкілля є фінансування робіт.

Окрім фінансової проблеми існує проблема використання застарілого обладнання. Неможливо одночасно чи у близькій перспективі повністю відмовитись від роботи централізованих систем теплопостачання через їх велику кількість та критичність цієї інфраструктури.

Особливістю впровадження запропонованого методу зменшення викидів через систему рециркуляції димових газів є той факт, що він не потребує модернізації основного обладнання, додаткової площі, зміни технологічного процесу, палива тощо.

При відносно незначних витратах на додаткове устаткування і мінімальних змінах у технологічному процесі на тих самих котлоагрегатах в значній мірі зменшуються викиди найбільш шкідливих речовин для найбільш поширеного та найбільш використовуваного виду палива.

ВИСНОВКИ

В основній частині роботи надана характеристика котельні як джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу. Наведені види котелень, їх призначення и класифікація; описуються найголовніші види палива, що використовують для роботи котелень.

Більш детально розглянуті природний газ и мазут, так як на цих видах палива працюють найбільш поширені котельні агрегати типу ДЕ та ДКВР.

Проведено розрахунки викидів забруднюючих речовини котельні, а саме твердих часток, окису вуглецю, оксидів азоту. Зроблено висновок, що оксиди азоту завдають найсуттєвішу шкоду навколишньому середовищу та здоров'ю людини.

Запропоновані можливі методи очищення газів від оксидів азоту:

- введення аміаку (некаталітичний процес);
- селективне каталітичне відновлення (СКВ);
- неселективне каталітичне відновлення (НСКВ);
- опромінення потоком електронів;
- рециркуляція відхідних газів.

Проаналізувавши переваги та недоліки методів обрано метод рециркуляції, адже він зменшує викиди оксидів азоту на 30 % та не потребує великих витрат.

Доведено доречність використання запропонованого методу.

З екологічної точки зору доведено ефективність методу через зменшення концентрацій оксидів азоту у приземному шарі атмосферного повітря.

З економічної точки зору доведено ефективність методу через зменшення виплат за забруднення довкілля.

З технологічної точки зору доведено раціональність використання запропонованого методу через відсутність необхідності значних капітальних витрат та суттєвих змін у технологічному процесі, режимі роботи, паливі, обладнанні тощо.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Балацкий О.Ф., Мельник Л.Г. и др. Экономика и качество окружающей природной среды. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 190с.
- 2 Беркович М.Т., Бухман Я.А. Промышленная пыль. – Свердловск.: Metallurgizdat, 1960. – 240с.
- 3 Брылов С.А., Штродка К. Г. Охрана окружающей среды. – М., Высшая школа, 1986. – 272с.
- 4 “Вредные вещества в промышленности”. Справочник. - Л.: Химия, 1977 – 608с.
- 5 Даценко І.І. Екологія та гігієна людини. Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 248с.
- 6 Денисенко Г.Ф., Губониев З.И. Охрана окружающей среды в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1989. – 118с.
- 7 Джиригей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища: Навч. посіб. – 2-вид., Київ: Т-во “Знання”, КОО. 2002. – 203 с.
- 8 Охрана окружающей среды / С.В. Белов, Ф.А. Барбинов, А.Ф. Козьяков и др. - М.: Высшая школа, 1991.
- 9 Израэль Ю.Л. Экология и контроль состояния природной среды. – М.: Гидрометеиздат, 1984. – 560с.
- 10 Ігнатюк М.В. Фізико-географічна характеристика Миргородщини. «Миргород», 2005.– 153с.
- 11 Лапай А.П., Удовицкий С. Г. Охрана труда на предприятиях. – Киев.: Віща школа, 1976. – 158с.
- 12 Мищаев К.И. Принципы выбора газоотборных устройств. “Промышленная и санитарная очистка газов”, № 6, 1978. - с. 12-16.
- 13 Назарук М.М. Основи екології та соціоекології. Навчальний посібник. – Львів: Афіша, 2000. – 256с.
- 14 “Окружающая среда и здоровье”. Под ред. Л.Хенса, Л.Мельника. – К.: Наукова думка, 1998. – 325с.

- 15 “Очистка дымовых газов в промышленной энергетике”. Под ред. А.А. Русанова, И.И. Урбаха. – М.: Энергия, 1969. – 327с.
- 16 Примак А. В. Экологическая ситуация на Украине и ее мониторинг: анализ и перспективы. – К.: Либра, 1990ю – 44с.
- 17 Реймерс Н.Ф. Природопользование: Словарь-справочник. – М.: Мысль, 1990. – 638с.
- 18 Родионов А.И., Клушин В.Н. Техника защиты окружающей среды. – М.: Химия, 1989. – 512 с.
- 19 Руденко К.Г., Шемаханов М.М. Обезвоживание и пылеулавливание. Учебник для вузов. 2-е изд., перер. и доп. – М.: Недра, 1981. – 350с.
- 20 Старк С.Б. Пылеулавливание и очистка газов в металлургии. – М.: Металлургия, 1977. – 327с.
- 21 Сытник К.М., Брайон А.В. и др. Биосфера. Экология. Охрана природы. Справочное пособие. – К.: Наукова думка, 1987. – 523с.
- 22 “Экология города”. Под ред. Стольберга Н. М. – К.: Либра, 2000. – 468с.
- 23 Юдашкин В.С. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии. – М.: Металлургия, 1984. – 319с.
- 24 Запольський А.К., Салюк А.І. Основи екології: Підручник/За ред. К.М.Ситника. – 3-тє вид., стер. – К.: Вища шк., 2005. – 382 с.: іл.
- 25 Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ и выбросов предприятий. ОНД – 86. Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат, 1987.