

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра екології, охорони навколишнього середовища
та здорового способу життя

“Допущено до захисту”
Зав. кафедрою ЕОНСЗСЖ
к.б.н., доцент
_____ Ольга МЕДВЕДЄВА
“ _____ ” 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему
“Екологічна оцінка впливу діяльності ТОВ
«Гідроелектроцентр» на стан атмосферного
повітря”

Виконав здобувач вищої освіти
VI курсу, групи _ЕО-20М_
ОПП «Екологія»
спеціальності 101 «Екологія»
_____ Ришкуляк М.М.
« _____ » 2021 р.
Керівник роботи
к.т.н., доцент
_____ Людмила КОЛОМІЄЦЬ
« _____ » 2021 р.
Рецензент _____ Ганна АРКУШИНА
« _____ » 2021 р.

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет _____ агротехнічний _____

Кафедра _____ ЕОНСЗСЖ _____

Рівень вищої освіти _____ магістр _____

Галузь знань _____ 10 – Природничі науки _____

Спеціальність _____ 101 - екологія _____

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма

Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«___»___ 20__ року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Ришкуляк Марини Маріівни

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

«Екологічна оцінка впливу діяльності ТОВ «Гідроелектроцентр» на стан атмосферного повітря»

2. Керівник роботи

к.с.г.н., доцент Коломієць Л.В.

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

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи

Мета роботи: визначити шляхи зниження негативного впливу ТОВ «Теплоенергоцентр» на атмосферне повітря.

Завдання:

1) вивчити технологічний процес вироблення теплової енергії для потреб багатоповерхових будинків

2) розглянути існуючі методи очищення викидів ТОВ «Теплоенергоцентр» та їх ефективність

3) провести розрахунки викидів забруднюючих речовин від котлоагрегатів та розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери

4) визначити причини перевищення ГДК вмісту шкідливих речовин у викидах та повітрі прилеглої зони

5) запропонувати рішення, які допоможуть запобігти ризикам здоров'я населення

6) обґрунтувати природоохоронні заходи, виконані на підприємстві

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Технологічна частина	Доцент Коломієць Л.В.		
Економічна частина	Асистент Мірзак Т.П.		
Охорона праці	Доцент Лузан П.Г.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання « ____ » _____ 20 р.

Підпис керівника

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання « ____ » _____ 20 р.

Підпис здобувача

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 66 ст., 6 рис., 7 табл., 29 джерел.

Об'єкт дослідження: вплив на довкілля діяльності ТОВ «Теплоенергоцентр».

Предмет дослідження: рівень забруднення повітря викидами підприємства.

Мета роботи: Визначити шляхи зниження негативного впливу ТОВ «Теплоенергоцентр» на атмосферне повітря.

У вступі підкреслюється, що нормування викидів шкідливих речовин у атмосферу ґрунтується на необхідності дотримання гігієнічних критеріїв якості атмосферного повітря населених місць.

Перший розділ містить аналіз літературних джерел з питання стану атмосферного повітря та класифікація джерел забруднювачів повітря.

У другому розділі охарактеризовано місце та умови проведення досліджень.

У третьому розділі наведено методики проведення досліджень.

У четвертому розділі наведено результати проведених досліджень та обґрунтовано системи очищення викидів ТОВ «Теплоенергоцентр».

У п'ятому розділі проведено розрахунок економічної ефективності застосування електрофільтру від забруднень атмосферного повітря.

В шостому розділі розроблено заходи з охорони праці в галузі.

У висновках наведені результати магістерської роботи.

АТМОСФЕРНЕ ПОВІТРЯ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА, НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ, ШКІДЛИВІ ВИКИДИ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

БСВ – бункер сирого вугілля

ВТВ – виробничо-технічний відділ

ГДВ – гранично допустимий викид

ГДК – гранично допустима концентрація

ДРЕС – державна районна електростанція

ДСТУ – державні стандарти України

ПОД – природоохоронна документація

ССЗ – санітарно-захисна зона

ССС – серцево-судинна система

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

ТЕС – теплоенергостанція

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ЦНС – центральна нервова система

WHO – World Health Organization

Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРСТИКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ.....	9
1.1.Атмосферне повітря як фактор навколишнього середовища.....	9
1.2.Класифікація джерел забруднення атмосферного повітря.....	12
1.3.Екологічна безпека атмосферного повітря як предмет комплексного наукового дослідження.....	17
РОЗДІЛ 2. МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	21
2.1. Географічна характеристика регіону досліджень.....	21
2.2. Кліматична характеристика регіону досліджень.....	22
2.3. Структурна характеристика підприємства.....	24
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	26
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
4.1. Устаткування для здійснення технологічного процесу виробництва теплової енергії.....	32
4.2. Характеристика існуючої системи очищення викидів в атмосферне повітря на ТОВ «Теплоенергоцентр».....	34
4.2.1. Джерела викидів.....	34
4.2.2. Особливості застосування скрубера Вентурі.....	34
4.3. Аналіз запропонованої системи очищення викидів ТОВ «Теплоенергоцентр».....	37
4.4. Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин до та після реконструкції системи очищення	44
РОЗДІЛ 5. ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРИРОДООХОРОННИХ ЗАХОДІВ.....	47
5.1. Оцінка економічності застосування електрофільтру від забруднень атмосферного повітря.....	48

5.2. Оцінка економічних збитків від забруднення атмосферного повітря.....	51
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
6.1 Кваліфікаційні вимоги до інженера з охорони навколишнього середовища.....	57
6.2 Відповідальність інженера з охорони навколишнього середовища.	60
6.3 Види звітності.....	60
ВИСНОВКИ.....	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	64

ВСТУП

В даний час нормування викидів шкідливих речовин у атмосферу ґрунтується на необхідності дотримання гігієнічних критеріїв якості атмосферного повітря населених місць. Разом з тим, як показують результати низки досліджень, різні рівні забруднення атмосферного повітря по-різному впливають на різні складові екосистеми (рослинність та лісові насадження, сільськогосподарські угіддя різних видів, ґрунт, вода, фауна тощо).

Постановка проблеми. Теплові електричні станції здійснюють забруднення атмосферного повітря продуктами згоряння, і навіть токсичними речовинами, які у вихідному паливі, чи які у топковому процесі – локальні і світові (являючись сильним джерелом антропогенних викидів). За певних умов відбувається локальне підвищене забруднення приземного шару повітря у зонах, віддалених на значні відстані від майданчика енергопідприємств унаслідок наддальних переносів викидів. Крім того, промисловий майданчик і територія, що безпосередньо примикає до неї, знаходяться під впливом неорганізованих і дрібних джерел викидів підприємства.

Актуальність теми. В умовах зростання техногенного навантаження вкрай важливо застосовувати природоохоронні технології для запобігання забруднення атмосферного повітря шкідливими речовинами, що виділяються зокрема від підприємств теплоенергетики.

Мета роботи: визначити шляхи зниження негативного впливу ТОВ «Теплоенергоцентр» на атмосферне повітря.

Завдання дослідження:

- 1) вивчити технологічний процес вироблення теплової енергії для потреб багатоповерхових будинків
- 2) розглянути існуючі методи очищення викидів ТОВ «Теплоенергоцентр» та їх ефективність

3) провести розрахунки викидів забруднюючих речовин від котлоагрегатів та розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери

4) визначити причини перевищення ГДК вмісту шкідливих речовин у викидах та повітрі прилеглої зони

5) запропонувати рішення, які допоможуть запобігти ризикам здоров'я населення

6) обґрунтувати природоохоронні заходи, виконані на підприємстві

Об'єкт дослідження: вплив на довкілля діяльності ТОВ «Теплоенергоцентр».

Предмет дослідження: рівень забруднення повітря викидами підприємства.

Методи дослідження. Дослідження проводились шляхом вивчення, аналізу та узагальнення літературних даних; проведення розрахункових та технічних робіт у польових дослідках, лабораторних досліджень зразків ґрунту, відібраних у польових умовах.

Інформаційна база. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» 1992 р.; НАКАЗ МІНІСТЕРСТВА ЕКОЛОГІЇ ТА ПРИРОДНИХ РЕСУРСІВ УКРАЇНИ від 30.07.2001 № 286 «Про затвердження Порядку визначення величин фонових концентрацій забруднювальних речовин в атмосферному повітрі»; Закон України «Про оцінку впливу на довкілля» 2017 р.; Закон України «Про житлово-комунальні послуги» 2018 р. [29].

Наукова новизна одержаних результатів.

Проведено вивчення розсіювання шкідливих речовин внаслідок діяльності теплоенергетики м. Кропивницький.

Наукова і практична значимість одержаних результатів. Завдяки проведеним дослідженням та отриманим результатам доведено необхідність впровадження високотехнологічного обладнання по зниженню рівня викидів шкідливих речовин внаслідок спалювання твердого палива.

Особистий внесок магістранта. Магістр розробила програму досліджень, виконала поставлені завдання, брала участь у пошукових та дослідницьких роботах під час виконання магістерської роботи, самостійно сформулювала узагальнення та виконала необхідні розрахунки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами: дослідження проводились узгоджено з напрямком наукової діяльності кафедри ЕОНСЗСЖ ЦНТУ.

Апробація результатів дослідження. За результатами дослідницьких робіт по темі даної роботи магістром підготовлено та подано до друку статтю «Вплив ТОВ «Теплоенергоцентр» на екологічну безпеку атмосферного повітря» у Збірник праць молодих науковців ЦНТУ (Вип. 12). Стаття буде опублікована у липні місяці 2022 р.

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИКО-АНАЛІТИЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

1.1. Атмосферне повітря як фактор навколишнього середовища

Атмосфера – це повітряна оболонка Землі, значення якої важко переоцінити. Збереження теплоти і захист живих організмів від згубних доз космічного випромінювання, джерело кисню для дихання, вуглекислого газу для фотосинтезу, енергії і всіляких хімічних речовин, середовище розгортання метеорологічних процесів і електричних явищ (атмосферна електрика), переміщення пари соди і дрібних матеріалів на планеті – ось далеко не повний перелік значення повітря в природних процесах, які розгортаються на Землі [4].

Не дивлячись на величину повітряного басейну, він піддається дуже істотним діям, що викликають зміни його складу як на окремих ділянках, так і на всій планеті. Повітря необхідне як джерело кисню для дихання, окислення і спалювання сировини. Але велика кількість O_2 витрачається при випадкових пожежах торф'яників, лісів, покладів кам'яного вугілля при спалюванні нафтових газів. В результаті діяльності людини постійно зростає кількість вуглекислого газу в повітрі (за останніх 100 років від 0,004 до 0,032%) [10]. Це може привести до зміни клімату на Землі, оскільки підвищена концентрація O_2 викликає «парниковий ефект» [1].

Антропогенний вплив спричиняють: виробництво тепло- та електроенергії, переробна промисловість. Як результат ми отримуємо смоги, різні типи кислотних опадів, руйнування озонового шару, глобальне розігрівання нижніх шарів атмосфери, погіршення умов мешкання аеробних живих організмів тощо. Динаміка основних показників техногенного навантаження на навколишнє природне середовище свідчить про погіршення екологічного стану довкілля, як життєво важливого середовища для існування

людини. В атмосферному повітрі сучасних міст присутні сотні різних хімічних класів забруднюючих речовин органічної та неорганічної природи, які поступають з чисельних джерел [1, 9].

Атмосферне повітря – невід'ємна частина середовища проживання людини, рослин і тварин. Значення атмосферного повітря дуже багатогранне:

- містить кисень, що входить до складу атмосфери необхідний для всіх живих організмів в процесі дихання;
- регулює тепловий режим Землі, сприяє перерозподілу тепла і вологи по земній кулі;
- визначає погоду на поверхні Землі
- визначає світловий режим;
- охороняє Землю від згубних рентгенівських, ультрафіолетових і космічних променів;
- середовище для поширення звуку;
- важливий шлях для повітряного транспорту [1, 4].

Атмосферне повітря являє собою механічну суміш газів, що складається головним чином з азоту і кисню. Основним зі складових повітря для нас є кисень, його в повітрі 21% за обсягом. Розбавлений кисень великою кількістю азоту – 78% від об'єму повітря і порівняно маленьким об'ємом благородних інертних газів – їх близько 1%. Входять до складу повітря також змінні складові – оксид вуглецю (IV) або вуглекислий газ і водяна пара, кількість яких залежить від різних причин [11, 24].

Ці речовини потрапляють в атмосферу природним шляхом. При виверженні вулканів в атмосферу потрапляють сірчаний газ, сірководень і елементарна сірка. Пилові бурі сприяють появі в повітрі пилу. Оксиди азоту потрапляють в атмосферу і при грозових електричних розрядах, під час яких азот і кисень повітря реагують один з одним, або в результаті діяльності ґрунтових бактерій, здатних вивільняти оксиди азоту з нітратів. Також сприяють цьому і лісові пожежі і горіння торфовищ. Процеси руйнування

органічних речовин супроводжуються утворенням різних газоподібних сполук сірки.

У решти речовин біологічна роль є негативною, тобто вони забруднюють атмосферу. Особливо насичене ними повітря поблизу промислових підприємств. У процесі господарської діяльності людина забруднює атмосферне повітря. Це веде до утворення в ньому шкідливих (забруднюючих) речовин в концентраціях, що перевищують встановлені державою нормативи якості атмосферного повітря [14].

Інтенсивне функціонування транспортних і промислових об'єктів забезпечує надходження в атмосферне повітря такої кількості токсичних речовин, яка не може бути розведена природним шляхом до допустимого рівня концентрацій. Внаслідок цього відбувається накопичення токсичних речовин в атмосферному повітрі, які знижують якість середовища проживання і впливають на здоров'я людини. Нині виникає проблема екопатології внаслідок фізичних, хімічних і біологічних факторів забруднення атмосферного повітря, які в більшій мірі мають антропогенне походження [2, 12].

До числа найбільш значних антропогенних змін в атмосфері відносяться:

1. Парниковий ефект – підвищення температури нижніх шарів атмосфери планети в порівнянні з ефективною температурою, тобто температурою теплового випромінювання планети, спостережуваного з космосу. Сонячна енергія, проходячи через атмосферу нагріває поверхню Землі, але таку яка випромінюється Землею тепла енергія не може зникнути назад в космос, так як атмосфера Землі затримує її, діючи на зразок поліетилену в парнику. Наслідки – зміна клімату Землі.

2. Руйнування озонового шару. Озонові діри – локальне падіння концентрації озону в озоновому шарі Землі. Ослаблення озонового шару підсилює потік сонячної радіації на Землю і викликає у людей зростання числа ракових утворень шкіри. Також від підвищеного рівня випромінювання страждають рослини і тварини.

3. Кислотні дощі – атмосферні опади у вигляді дощу або снігу, що містять сполуки сірки. Кислотні дощі надходять в атмосферу в результаті викиду відходів металургійної та хімічної промисловості. При випаданні кислотних дощів і танення кислотного снігу утворюється сірчана кислота, що надає шкідливий вплив на здоров'я людей, стан рослинного і тваринного світу, будівель і споруд.

4. Фотохімічний смог – смог, основною причиною виникнення якого вважаються автомобільні вихлопи. Фотохімічний смог може викликати ураження дихальних шляхів, блювоту, подразнення слизової оболонки очей і загальну млявість [17].

Критерії якості атмосферного повітря – це рівень, встановлений на основі наукових знань, з метою виключення, запобігання або скорочення шкідливого впливу на здоров'я людини і навколишнє середовище в цілому. У разі перевищення встановлених критеріїв якості атмосферного повітря по кожному із забруднюючих речовин він повинен бути досягнутий протягом заданого періоду часу, після чого він не може бути перевищений [18].

Різні періоди усереднення відображають потенційний вплив забруднювачів на здоров'я людини; забруднювачі, на які встановлені нормативи з короткостроковим базисним періодом, надають швидкі зміни стану здоров'я, а ті з них, які мають довготривалий (річний) звітний період, пов'язані з хронічним шкідливим впливом. З метою охорони здоров'я жоден із стандартів не повинен бути перевищеним. Задля контролю наявності шкідливих речовин у повітрі екологи використовують спеціальні обстеження атмосферного повітря, та статистичні методи розрахунків гранично допустимих концентрацій [12].

1.2. Класифікація джерел забруднення атмосферного повітря

Атмосферне повітря є життєво важливим компонентом природного довкілля. Від його якісного стану залежать як умови життя на Землі, так і саме

життя. В даний час негативна антропогенна дія на цей природний компонент привела до істотного погіршення його якості, що відбилося на здоров'ї населення і на стані довкілля в цілому [4].

Дати чітке визначення забрудненню атмосферного повітря дуже важко; в даній роботі прийнято робоче визначення, запропоноване на одній з нарад Комітету WHO. Згідно з цим визначенням, поняття забруднення повітря обмежується «ситуаціями, при яких в атмосферному повітрі містяться речовини в концентраціях, шкідливих для людини або навколишнього його середовища». У доповіді обговорюються 5 забруднювачів, причому відповідно до зазначеного визначення розглядається тільки забруднення атмосферного повітря, хоча відзначено, що забруднення повітря в житлових приміщеннях також має значення і вимагає подальшого дослідження. Меншу увагу приділено також обговоренню складних проблем, пов'язаних зі значними коливаннями в рівні забруднень у земної поверхні, які обумовлені змінами погоди. Варіабельність рівня забруднення внаслідок атмосферних умов ускладнює порівняння середніх показників, одержуваних при тривалому спостереженні (тобто середньорічних концентрацій), з короткочасними піками забруднення, які в ряді випадків можуть мати більш серйозні наслідки [2, 18].

Атмосферне повітря забруднюється різними газами, дрібними часточками і рідкими речовинами, які негативно впливають на живих істот, погіршуючи умови їх існування. Джерела його забруднення можуть бути природними і штучними (антропогенними).

1. До природного забруднення відносять:

- пилові бурі;
- вулканізм;
- лісові пожежі;
- вивітрювання;
- розкладання живих організмів.

2. До штучного забруднення відносять:

- промислові підприємства;
- транспорт;
- теплоенергетика;
- опалювання житла;
- сільське господарство [1, 7].

2. По організації викидів забруднюючих речовин, їх розподіляють:

а) організовані, які характеризується викидом через спеціально споруджені газовідводи, повітроводи, труби тощо. Їм властива значна висота, а також значні концентрації і обсяги забруднюючої речовини;

б) неорганізовані, які проявляються у вигляді направлених потоків через нещільності і прорізи огорожувальних конструкцій наземних будівель, споруд, технологічного обладнання тощо і характеризуються невеликими, в порівнянні з організованими викидами, значеннями концентрації і об'єму викидів.

3. За ступенем рухливості:

а) стаціонарні, коли координата джерела викиду не змінюється в часі, наприклад, димові труби теплоелектростанцій, опалювальних котелень, технологічних пристроїв, витяжні шахти, вентиляційні труби, дефлектори і тощо. Стаціонарним джерелом викиду забруднюючих речовин в атмосферу міста є будь-яке (точкове, площадне, лінійне) джерело з організованим або неорганізованим викидом забруднюючої речовини, що дислокується або функціонує постійно або тимчасово в межах ділянки території (міцевості) об'єкта, підприємства [11, 16].

б) пересувні, мають можливість переміщатися в просторі. До них відносяться всі види транспорту: автомобільний, залізничний, повітряний, морський, річковий, а також різні пристрої, що рухаються [2]. Відомо, що викиди від пересувних джерел (автотранспорту) часто складають 89% від загального обсягу викидів, а в великих містах забруднення міського середовища досягає 90-92%. При цьому, протягом останніх років зберігається тенденція зростання автотранспортних засобів, наслідком чого є зростання

викидів забруднюючих речовин з відпрацьованими газами від двигунів внутрішнього згоряння [13].

4. За геометричним параметрам:

а) точкові, коли його розміри не перевищують 1м по будь якій осі, наприклад, труби, дахові вентилятори. Точковим джерелом міської забудови може бути будь-який викид, представлений координатами x і y . Він повинен представляти основну точку викиду (наприклад, димохід на промисловому майданчику). Крім того до точкових джерел викиду забруднюючих речовин в атмосферне повітря міста відноситься джерело викиду, з відомим місцем розташування, таким як промислове підприємство або електростанція, розташованих на міських територіях;

б) площадні, коли всі розміри перевищують 1м. Це поняття слід використовувати при описі джерела викиду забруднюючих речовин, який володіє розсіяними характеристиками викиду. До них можна віднести джерела, які є занадто численними або невеликими, що не дозволяє визначити їх як окреме точкове джерело, або джерела, викиди яких піднімаються над великою площею. Прикладами майданних джерел в цьому випадку, можуть бути житлові райони і торгові або адміністративні комплекси міських територій.

в) лінійні, при переважанні одного з розмірів над іншими і при його величині більше 1м. Під це поняття потрапляють будь-які джерела викидів забруднюючих речовин в атмосферу міських забудов, які проявляють лінійний тип розміщення в просторі. Прикладами таких джерел є аераційні ліхтарі, технологічні лінії, залізничні колії, трубопроводи, нафтопроводи.

5. По висоті викиду, в залежності від висоти H гирла джерела викиду забруднюючої речовини над рівнем земної поверхні:

а) високі, розташовані у недеформованому потоці вітру і забруднюючі речовини викидаються на висоту, що перевищує 2,5 висоти розташованих поблизу будівель і інших перешкод. Високими прийнято вважати джерела, висотою $H > 50$ м, наприклад, труби ДРЕС і ТЕЦ мають висоту від 120 до 250м,

що дозволяє віднести їх до високих джерел викиду;

б) середньої висоти, висотою $H = 10-50\text{м}$. До таких джерел можна віднести труби і шахти підприємств хімічної промисловості, які мають порівняно невелику висоту $H = 25-40\text{ м}$, і відрізняються надзвичайно великою різноманітністю забруднюючих речовин, що виділяються в атмосферу;

в) низькі, розташовані в зоні підпору або аеродинамічній тіні будівлі або іншої перешкоди. Низькими прийнято вважати джерела, висотою $H = 2-10\text{м}$. Прикладами таких джерел є аераційні ліхтарі, шахти і невисокі труби безпосередньо над покрівлею будівлі, характерні для термічних і ковальських цехів підприємств машинобудування, будівельних підприємств;

г) наземні, коли гирло джерела викиду знаходиться на висоті $H < 2\text{м}$. До них відносять відкрито розташоване технологічне обладнання, колодязі виробничої каналізації, місця відкритого розміщення сировини, палива, відходів.

По дії на організм людини забруднення атмосфери поділяють на фізичне і хімічне:

1. До фізичного відносять:

- радіоактивне випромінювання;
- теплова дія;
- шум;
- низькочастотні вібрації;
- електромагнітні поля.

2. До хімічного відносять:

- наявність хімічних речовин і їх сполук [11, 22].

Викиди в атмосферу забруднюючих речовин характеризуються за чотирма ознаками: по антропогенному стану, хімічному складу, розміру часток і масовій витраті викинутої речовини.

Головними і найбільш небезпечними джерелами забруднення атмосфери є промислові. Транспортні і побутові викиди. По особливостям

будови і характері впливу на атмосферу забруднення, як правило, підрозділяють на механічні і хімічні. Унаслідок діяльності людини в атмосферу поступають газ CO_2 і чадний газ CO , діоксин сірки SO_2 , метан CH_4 , оксиди азоту NO_2 , NO і N_2O . При використанні аерозолів в атмосферу поступають хлорфторвуглеводні, в результаті роботи транспорту – вуглеводні [14].

Також у загальному балансі забруднення атмосфери антропогенними джерелами транспортні засоби є одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища, перш за все повітряного басейну, такими токсикантами, як монооксид вуглецю, оксиди азоту, свинець, вуглеводні та ін. Токсичними викидами автомобілів, крім зазначених вище вихлопних газів, є також гази картерів, пари палива з карбюратора і паливного бака. В цілому в викидах транспортно-енергетичних установок міститься 1200 хімічних компонентів, включаючи досить токсичний бензопірен [1].

Як ми бачимо, джерелами забруднення можуть ставати безліч речовин і переважна кількість з них пов'язана із антропогенною діяльністю людства. Маса забруднювальних речовин в атмосфері становить приблизно 9-10 млн.т. Можна сказати, що порівняно з масою земної атмосфери це мізерна величина, однак на висоті 50-100м від Землі, де саме концентруються забруднювальні речовини, частка їх є істотною, відносно кількості чистого повітря. Головними екологічними глобальними наслідками забруднення атмосфери є: парниковий ефект, озонова діра, кислотні дощі, смог.

1.3. Екологічна безпека атмосферного повітря як предмет комплексного наукового дослідження

Чистота атмосферного повітря є одним з факторів, що визначають якість навколишнього середовища і рівень здоров'я населення. Але з часів промислової революції якість повітря, яким ми дихаємо, помітно погіршилася, в основному, в результаті антропогенної активності людини. Розвиток

промисловості і збільшення виробництва електроенергії, спалювання викопного палива, і катастрофічне зростання транспорту на дорогах – все це робить свій внесок у забруднення повітря і, в свою чергу призводить до серйозних проблем зі здоров'ям.

Оцінка якості атмосферного повітря шляхом моніторингу, моделювання та об'єктивної оцінки надає інформацію про відповідність зі стандартами навколишнього середовища і подальші заходи зниження забруднення. Оцінка включає мінімальні вимоги встановлені в Директивах, а також додаткову оцінку, яка проводиться країнами членами, таку як пропорційний розподіл джерел, особливо в агломераціях і на територіях з високим рівнем забруднення [16].

Питанням якості атмосферного повітря і охорони атмосферного басейну від забруднень присвячено досить багато законодавчих актів ЄС. Серед них – Шоста екологічна програма дій «Довкілля 2010: Наше майбутнє, Наш вибір» (Sixth Environment Action Programme (EAP), "Environment 2010: Додати Our future, Our choice"), Програма Чисте повітря для Європи (Clean Air For Europe (CAFE)), Тематична стратегія по забрудненню атмосферного повітря (Thematic Strategy on air pollution), а також цілий ряд Директив, Рішень і Регламентів ЄС. Відзначити слід прийняту в 1996 році Рамкову Директиву за якістю атмосферного повітря (Air Quality Framework Directive), на основі якої ось уже друге десятиліття формується політика захисту повітряного басейну від різного роду забруднень в країнах, що входять в Європейський Союз, і чотири її дочірні директиви, які регламентують питання моніторингу і контролю основних забруднюючих речовин. На особливу увагу заслуговує і прийнята відносно недавно оновлена Директива по повітрю, 2018р., яка з урахуванням вже досягнутих в охороні атмосферного басейну результатів формує подальші тенденції охорони атмосферного повітря відповідно до вимог прогресу і постійного вдосконалення на шляху до досягнення якості атмосферного повітря, прийнятного для здоров'я населення, стану екосистем і заощадження історико-культурних пам'яток [18].

Робота програм з екологічної безпеки атмосферного повітря здійснюється шляхом імплементації європейського законодавства - Директив і Регламентів, що встановлюють стандарти якості атмосферного повітря. Ключовим принципом визначення показників якості повітря є принцип попередження, який полягає в усуненні, запобіганні або зменшенні негативного впливу забруднювачів на організм людини і навколишнє середовище.

Законодавчі акти чітко фіксують принципи платності забруднення відповідальності виробника: ставиться вимога контролю всіх викидів в атмосферу, фіксації аварійних чи інших непередбачених викидів, а також встановлення штрафів за порушення стандартів якості атмосферного повітря. Обов'язковою вимогою законодавства є інформування населення про стан атмосферного повітря, особливо у випадках перевищення небезпечних граничних показників.

Цілий ряд дочірніх директив встановлює перелік забруднюючих речовин та правила оцінки якості повітря. В обов'язковому порядку оцінюється вміст в повітрі таких речовин як оксид азоту, свинець, діоксид сірки, пил (ПМ10), оксид вуглецю, бензол, приземний озон, важкі метали (миш'як, кадмій, нікель, ртуть) і поліароматичні вуглеводні [21].

У нашій країні існує Закон України «Про охорону атмосферного повітря» спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря. Конституцією України передбачено, що атмосферне повітря є об'єктом права власності українського народу, а кожний громадянин має право користуватися цим об'єктом права відповідно до закону (ст. 13).

Сфера правового регулювання в сучасних умовах обмежується лише потребами охорони та моніторингу атмосферного повітря. На жаль, діюча система моніторингу навколишнього середовища не має механізму, який перекладав би накопичені дані в управлінські рішення щодо покращення

ситуації. Найчастіше, моніторинг здійснюється заради самого моніторингу. Основним недоліком існуючої системи екологічного регулювання залишається технократичний підхід до екологічного регулювання. Навіть не робляться спроби поставити питання про вивчення ступеня шкоди індивідуальному здоров'ю людини, нанесеному дією шкідливих факторів навколишнього середовища, ступеня відповідальності за нього суб'єктів господарської діяльності і, тим більше, компенсації цих збитків. Ситуація вимагає виявлення пріоритетних забруднюючих речовин по їх впливу на здоров'я, джерел викидів цих речовин і тих заходів, які за мінімальні кошти і час дозволять досягти максимального екологічного ефекту [16].

Рішення всіх цих питань і знаходиться у віданні управління ризиком (УР). Іншими словами УР – це система технічних, законодавчих та нормативних рішень, спрямованих на ліквідацію, суттєве зменшення або запобігання ризику для здоров'я населення. Ухвалення таких рішень, природно, залежить не тільки від оцінки ризику (ВР), але також від факторів політики, економіки та суспільної свідомості [2, 14].

Саме оцінка ризику здоров'ю здатна надати системі моніторингу навколишнього середовища спрямованість на конкретний результат – поліпшення екологічної ситуації.

РОЗДІЛ 2

МІСЦЕ ТА УМОВИ ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

Екологічна оцінка забруднення атмосферного повітря була проведена в межах впливу на об'єкти довкілля підприємства ТОВ «Теплоенергоцентр» у м. Кропивницький, Кіровоградський області.

2.1. Географічна характеристика регіону досліджень

За геологоморфологічним районуванням Кіровоградська обл. належить до західної частини Придніпровської височини, структурно належить до Українського кристалічного щита. Вихідною поверхнею для сформованого сучасного рельєфу є докрейдова цокольна рівнина, фіксована каоліновою корою вивітрювання, на яку послідовно накладені палеогенові, неогенові та четвертинні відклади.

На території вирізняються плато, схили плато, долини сучасних річок, надзаплавні тераси, балки та яри. Абсолютні відмітки поверхні досліджуваної території змінюються від 223,05 до 254,75 м.

Ділянка робіт по впровадженню об'єкта утилізації органічних відходів з метою отримання біогазу в геологічному відношенні розташована в межах центральної частини Українського кристалічного щита – Кіровоградського тектонічного блоку і Білоцерківсько-Одеського тектонічного блоку. Кристалічний фундамент утворений протерозойськими метаморфізованими породами (гранітами, гнейсами, сланцями), зібраними в лінійні складки, та їхніми продуктами вивітрювання. Розшаровуються ці породи лише в річкових долинах. Осадочний чохол потужністю від 4-5 до 150 м залягає на денудаційній поверхні фундаменту. На всій території в його будові беруть участь кайнозойські, і лише на крайньому північному заході – мезозойські відклади. Палеоген представлений пісками, бурим вугіллям, глинами, мергелями, неоген-піщаними глинистими відкладами Полтавської і Балтської

світ. Скрізь поширені нижньо-антропогенів червоно-бурі глини, а антропогенів відклади на плато виявлені як леси, в річкових долинах – як давній та сучасний алювій.

Гідрографічна мережа ділянки вишукувальних робіт приурочена до водного простору р. Розливна, яка є правою притокою р. Велика Вись (басейн Південного Бугу). Довжина річки 15 км, похил річки – 3,7 м/км. Формується декількома безіменними струмками та водоймами. Площа басейну 69,3 км². Басейн Південного Бугу повністю розташований на території України, його площа 63700 км², довжина 806 км, середній похил – 0,40%. Бере початок дана річка на Волино-Подільській височині поблизу с. Холодець Хмельницької обл. в Дніпро-Бузький лиман Чорного моря. Єдина велика притока Південного бугу – р. Синюха, утворюється внаслідок злиття річок Велика Вись та Тікич (басейн складається з двох приток Гнилий і Гірський Тікич).

2.2. Кліматична характеристика регіону досліджень

За кліматичними умовами майданчик будівництва ТОВ Теплоенергоцентр у м. Кропивницький розташований в першій кліматичній зоні по карті кліматичного районування територій (ДСТУ- Н Б В.1.1 -27 : 2010).

Клімат району проведення досліджень помірно-континентальний з м'якою малосніжною нетривалою зимою і теплим літом.

Метеостанція, яка визначає місцеву погоду, розташована у м. Кропивницькому.

Степова зона даного регіону характеризується середньою температурою січня -5,6⁰С, липня - +20,2⁰С. Середньорічна кількість опадів – 474 мм у середньому за рік 130 днів з опадами.

Найнижча середньомісячна температура повітря в січні -15,1⁰С, найвища +1,6⁰С. найнижча середньомісячна температура в липні +17,6⁰С, найвища +25,6⁰С. Абсолютний мінімум температури повітря -35,3⁰С,

абсолютний максимум - $+38,7^{\circ}\text{C}$. Оскільки за останню сотню років є світова тенденція до потепління клімату, в регіоні досліджень також відмічено мінімум 1°C підвищення середньої температури.

Переважаючі напрями вітру, зафіксовані багаторічними спостереженнями: взимку – північно-західні, влітку – південні. Найбільша швидкість вітру можлива в лютому, найнижча – в липні, відповідно 4,5 та 3,4 м/с в середньому. Звісно, пориви вітру під час весняних суховіїв бувають значно вищими середнього показника, що впливає на розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері та віддаль його перенесення.

Діяльність об'єкту суттєво не впливає на показники місцевого клімату і мікроклімату, оскільки інертні гази не виділяються, теплове забруднення відсутнє. Майданчик не потребує зміни літосфери, еколого-інженерної підготовки та захисту території, оскільки об'єкт не належить до потенційно-небезпечних та не впливає на геологічне середовище.

Метеорологічні характеристики зони об'єкта наведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Метеорологічні характеристики та коефіцієнти, що визначають умови розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері

Найменування характеристик	Величина
Коефіцієнт, залежний від стратифікації атмосфери, А	200
Коефіцієнт рельєфу місцевості	1
Середня температура повітря найбільш жаркого місяця року, $^{\circ}\text{C}$	25,5
Середня температура повітря найбільш холодного періоду року, $^{\circ}\text{C}$	-1,5
Середньорічна роза вітрів, %	
Пн	13,0
ПнСх	6,3
Сх	9,5
ПдСх	10,6
Пд	16
ПдЗх	10
Зх	16,8

ПнЗх	17,8
Штиль	9,6
Швидкість вітру (середньобагаторічна), повторюваність перевищення якої складає 5%, м/с	10,0

2.3. Структурна характеристика підприємства

Постачання теплової енергії для потреб опалення здійснюється в опалювальний період безперервно, крім часу перерв, визначених частиною першою статті 16 Закону України «Про житлово-комунальні послуги». Постачання теплової енергії на індивідуальні теплові пункти для приготування гарячої води здійснюється безперервно, крім часу перерв, визначених частиною першою статті 16 Закону України «Про житлово-комунальні послуги».

Сучасні енергетичні об'єкти є великими комплексами, які мають різноманітний вплив на багато сфер життя і діяльності суспільства. Ці об'єкти тісно взаємопов'язані з споживачами продукції, що виробляється, з постачальниками сировини і між собою, і утворюють енергетичні системи з великою кількістю екологічних, соціальних і технологічних зв'язків [25].

Характеристика підприємства:

Підприємство: «Комунальне підприємство «Теплоенергоцентр» Кропивницької міської ради за ЄДРПОУ 24153576».

Організаційно-правова форма господарювання — постачання пари, гарячої води та кондиційного повітря за КОПФГ 150

Вид економічної діяльності: постачання пари, гарячої води та кондиційованого повітря за КВЕД 35.30

Штатна структура ТОВ Теплоенергоцентр (м. Кропивницький) наведена на рисунку нижче (див. рис. 1):

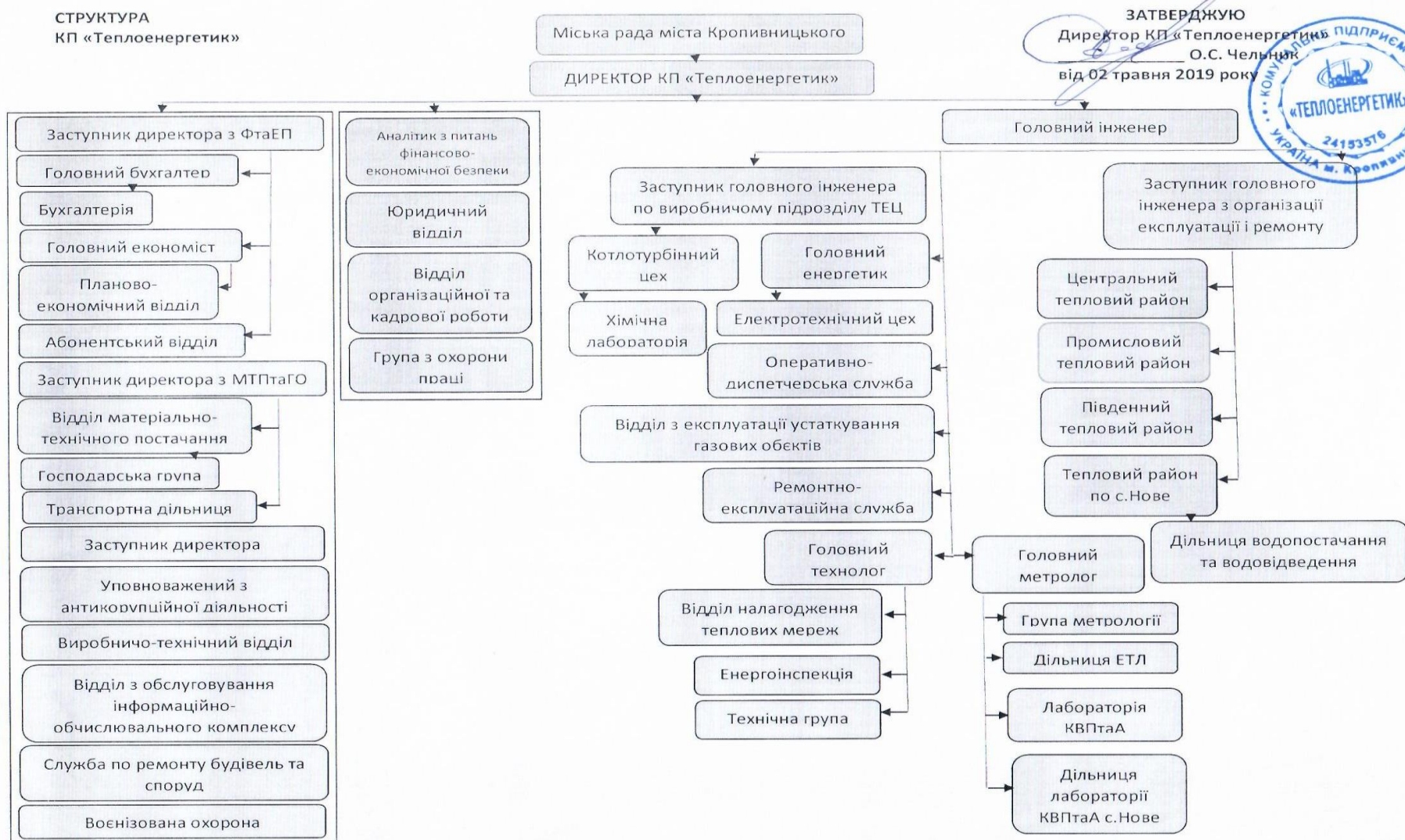


Рисунок 2.1 - Штатна структура ТОВ Теплоенергоцентр (м. Кропивницький) [25]

У плані найбільшого впливу на довкілля слід відмітити такі структурні одиниці підприємства, як котлотурбінний цех, електротехнічний цех, ремонтно-механічну службу. Використання технічних засобів, транспорту, паливно-енергетичних ресурсів передбачає утворення відходів, викидів та скиду стічних вод. Зокрема атмосферне повітря забруднюється внаслідок спалювання палива та недосконалої системи очищення викидів.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Актуальність питань захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів, що утворюються в результаті будівництва та експлуатації енергетичних об'єктів, зростає з кожним роком. Це знаходить своє відображення, зокрема, і в збільшенні числа публікацій з даної теми. Досить зазначити, що тільки в останні роки випущено ряд книг, в яких серйозну увагу приділено як технічним, так і економічним аспектам захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів промислових і в тому числі енергетичних об'єктів [3, 14, 26, 35].

Одним з важливих аспектів захисту навколишнього середовища є запобігання забрудненню повітряного басейну шкідливими викидами ТЕС і котелень. Дану задачу потрібно вирішувати з урахуванням необхідності виконання санітарно-гігієнічних нормативів на якість атмосферного повітря шляхом застосування спеціальних природоохоронних заходів на ТЕС і в котельнях.

Основним недоліком існуючої системи екологічного регулювання залишається технократичний підхід до екологічного регулювання. Навіть не робляться спроби поставити питання про вивчення ступеня шкоди індивідуальному здоров'ю людини, нанесеному дією шкідливих факторів навколишнього середовища, ступеня відповідальності за нього суб'єктів господарської діяльності і, тим більше, компенсації цих збитків. Ситуація вимагає виявлення пріоритетних забруднюючих речовин по їх впливу на здоров'я, джерел викидів цих речовин і тих заходів, які за мінімальні кошти і час дозволять досягти максимального екологічного ефекту.

Тому були оцінені шкідливі викиди ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький.

Для вирішення цього завдання найбільш зручним і надійним інструментом є широко визнана в більшості розвинутих країн світу

методологія оцінки ризику здоров'ю [15]. Застосування даної методології, що включає два основних взаємопов'язаних елемента – оцінку ризику і управління ризиком, дозволяє в рамках єдиного процесу прийняття рішення встановити джерела виникнення і ступеня вираженості ризиків при специфічних умовах впливу хімічних речовин на конкретні групи населення і на цій основі виявити пріоритетні напрямки оптимального регулювання якості довкілля з метою найбільш ефективного зниження ризику при заданих обмеженнях на ресурси і час.

На сучасному виробництві повністю провести очищення повітря, використовуючи відомі рішення, не вдається і деяка частина шкідливих речовин викидається в атмосферу. Процес розсіювання визначається характером місцевості, властивостями викидів, станом атмосфери та іншими умовами. Він здійснюється через висотні труби. Основною умовою розсіювання газопилових викидів є забезпечення допустимих концентрацій шкідливих речовин, що виділяються в приземному шарі атмосфери.

Під час розрахунку розсіювання визначаються величини: максимальної приземної концентрації шкідливих речовин; відстаней від джерела викиду, на якому концентрація шкідливих речовин досягає максимального значення; концентрацій шкідливих речовин на будь-якій відстані від джерела викиду, а також гранично допустимий викид шкідливої речовини та мінімальна висота джерела викиду.

Величина максимальної концентрації кожної шкідливої речовини в приземному шарі атмосфери не повинна перевищувати величини максимально разової гранично допустимої концентрації даної речовини в атмосферному повітрі.

Для нормування викидів використовується також поняття гранично допустимого викиду (ГДВ). ГДВ є нормативним показником, що встановлюється для конкретного джерела забруднення атмосферного повітря, що забезпечує за умови розсіювання шкідливих речовин в атмосфері приземні концентрації, що відповідають вимогам санітарних норм (не вище ГДК).

Для вирішення цього завдання найбільш зручним і надійним інструментом є широко визнана в більшості розвинутих країн світу методологія оцінки ризику здоров'ю [15]. Застосування даної методології, що включає два основних взаємопов'язаних елемента – оцінку ризику і управління ризиком, дозволяє в рамках єдиного процесу прийняття рішення встановити джерела виникнення і ступеня вираженості ризиків при специфічних умовах впливу хімічних речовин на конкретні групи населення і на цій основі виявити пріоритетні напрямки оптимального регулювання якості довкілля з метою найбільш ефективного зниження ризику при заданих обмеженнях на ресурси і час. Детальніше вони надані у наступній таблиці (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Коефіцієнти небезпеки (HQ) для характеристики ризику розвитку неканцерогенних ефектів в результаті інгалаційного надходження забруднювачів атмосфери в організми в цілому [3].

Речовини	Критичні органи	Коефіцієнти небезпеки (HQ)
Зважені речовини	Органи дихання	6,400 – великий
Оксид вуглецю	ЦНС, ССС, кров	2,855 – середній
Діоксид азоту	Органи дихання	0,800 – низький
Діоксид сірки	Органи дихання	3,738 – середній
Сірководень	–	0,338 – низький
Фенол	ССС, нирки, ЦНС, печінка	3,233 – середній

Управління ризиком є логічним продовженням оцінки ризику і направлено на обґрунтування найкращих в даній ситуації рішень по його мінімізації, в т.ч. заходів санітарно – гігієнічної та медичної профілактики, а також динамічному контролю (моніторингу) експозицій і ризиків, оцінки ефективності та коригування оздоровчих заходів [15, 24].

Так як ресурси для вирішення всього комплексу наявних в місті екологічних проблем обмежені, неможливо вирішувати всі проблеми одночасно і при цьому ефективно. За своєю суттю визначення пріоритетів вимагає застосування методів оцінки соціального збитку, що наноситься

забрудненням навколишнього середовища, так само, як і порівняльної оцінки вартості різних методів зниження цього забруднення.

Для зниження впливу планованого об'єкта на атмосферне повітря передбачені наступні заходи:

- застосування факельних систем для забезпечення промислової та екологічної безпеки функціонування технологічного процесу;
- застосування установки DeNOx для очищення димових газів від оксидів азоту;
- мінімізацію утворення неорганізованих джерел викидів;
- оптимізацію параметрів джерел викидів ЗР для досягнення найбільш сприятливих умов їх розсіювання [23].

Результати розрахунків оцінювання екологічного ризику забруднення атмосферного повітря викидами хімічних газоподібних з'єднань і твердих частинок на 1 ГВт (ел.) виробленої енергії умовної ТЕС в показниках ймовірності соматика-стохастичних ефектів за сімдесятирічний період наведені в таблиці 4.1 в залежності від використаних підходів по відношенню до ГДКсс або RfCсс.

Екологічний ризик забруднення атмосферного повітря викидами хімічних газоподібних з'єднань і твердих частинок на 1 ГВт (ел.) виробленої енергії умовної ТЕС становить величину $1,86 \cdot 10^{-3}$ за сімдесятирічний період по відношенню до ГДКсс., По відношенню до RfCсс- $1,80 \cdot 10^{-3}$.

Кількість випадків соматика-стохастичних ефектів для населення на 1 ГВт (ел.) виробленої електроенергії ТЕС при забрудненні атмосферного повітря викидами хімічних газоподібних з'єднань і твердих частинок по відношенню до ГДКсс становить 33,9 випадків, величина якого менше ніж на 3 випадки менше з урахуванням підходу по відношенню до RfCсс – 36,6 випадків за сімдесятирічний період.

Для моделювання теоретичної картини розсіювання ЗР користувалися «Методикою розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах підприємств ОНД – 86» [28].

Враховують показники: висота димаря, діаметр гирла, швидкість викиду газоповітряної суміші, різницю температур викидів атмосфери, масу забруднюючих речовин.

Максимальне значення приземної концентрації шкідливих речовин C_m , мг/м³, при викиді газоповітряної суміші з одиночного точкового джерела із круглим гирлом, що досягається при несприятливих метеорологічних умовах на відстані X_m , м, від джерела, по формулі:

$$C_m = \frac{A \times M \times F \times t \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_1} \times \Delta T}$$

Для складання карт розсіювання використовували машинний розрахунок в програмному середовищі «EOL+» версія 5. 3. 8, рекомендованому Міністерством охорони навколишнього природного середовища України, лист 3/4/10/2 – 10 від 27. 02. 2007.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Найбільш впливовим наслідком роботи ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький є забруднення атмосферного повітря. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» спрямований на збереження та відновлення природного стану атмосферного повітря, створення сприятливих умов для життєдіяльності, забезпечення екологічної безпеки та запобігання шкідливому впливу атмосферного повітря. Конституцією України передбачено, що атмосферне повітря є об'єктом права власності Українського народу, а кожний громадянин має право користуватися цим об'єктом права відповідно до закону (ст. 13). [26].

Модернізування очисного обладнання є складовою частиною сучасного процесу виробництва теплоти та електроенергії, і витрати на них враховуються в економічних показниках підприємства. У зв'язку з цим основні критерії обґрунтування ефективності капітальних вкладень в енергетичні об'єкти в рівній мірі справедливі і при оцінці ефективності капіталовкладень в здійснювані на них природоохоронні заходи.

4.1. Устаткування для здійснення технологічного процесу виробництва теплової енергії

Устаткування для здійснення технологічного процесу являє собою:

- два енергоблоки з котлом ТГМЕ-464 і паровою турбіною Т-110 / 120-130 загальною тепловою потужністю 350 Гкал / год і електричною - 240 МВт;
- один блок з котлом ТГМП-344 А і паровою турбіною Т-300 / 250-240 тепловою потужністю – 350 ГКал / год і електричної - 300 МВт
- чотири водогрійних котла типу ПТВМ-180 продуктивністю по 180 ГКал / год кожен [25].

Котел ТГМЕ-464 вже багато десятиліть користується визнанням в теплоенергетиці. Працює на природному газі та високосірчистому мазуті. Конструктивно являє собою однобарабанний однокорпусний котел; 16 штук газомазутних пальників на задній стінці камери згоряння, розміщені у два яруси. Вода з барабана потрапляє в екрани по опускних вертикальних стійках.

У верхній частині топки по периметру розміщено два ряди горизонтальних двоходових радіаційних трубних напрямків первинного пароперегрівача. У опускному вертикальному газоході встановлено економайзер.

Котел виготовлений без каркаса, тобто підвішений тягами до перекриття будівлі котельні.

Для очищення поверхонь нагріву використовується дробоочищення.

Технічні характеристики котла ТГМЕ-464 наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 — Технічні характеристики котла ТГМЕ-464

№ п/п	Показники	Значення
1	Паропродуктивність, т/ч	500
2	Тиск пари на виході з котла, МПа	13,73
3	Температура нагріву повітря, °С	259
4	Температура вихідних газів, °С	137
5	Температура живильної води, °С	230
6	Температура холодного повітря, °С	30
7	Температура гарячого повітря, °С	336
8	Температура пари на виході з котла, °С	560
9	ККД (брутто), %	94,3
10	Тепронапруження об'єму топки, кДж/м ³ ·год	2409·10 ³
11	Поверхня нагріву, м ² : - топки - пароперегрівач - економайзер - повітряпідігрівач	809 3780 2570 55600
12	Аеродинамічний опір, кПа: - по газах - по повітрю	4,14 5,49

4.2. Характеристика існуючої системи очищення викидів в атмосферне повітря на ТОВ «Теплоенергоцентр»

У котлотурбінному цеху ТОВ Теплоенергоцентр (м. Кропивницький) встановлено 16 котлоагрегатів ПК-39-I, II. Основним паливом для котлоагрегатів ПК-39 є вугілля; розпалювальним – мазут марки М-100. Частка розпалювального мазуту у структурі паливного балансу становить 1.28 %, тому максимально разові викиди від котлоагрегатів ПК-39 визначається тільки при спалюванні вугілля [6, 7, 8].

4.2.1. Джерела викидів

Викиди димових газів від джерела 001 (котлоагрегати 1-4 енергоблоків) здійснюється через димову трубу №1 (висота 250 м, діаметр гирла – 9 м). Викиди димових газів від джерела 002 (котлоагрегати 5-6 енергоблоків) здійснюється через димову трубу №2 (висота 180 м, діаметр гирла – 7,6 м). Викиди димових газів від джерела 003 (котлоагрегати 7-8 енергоблоків) здійснюється через димову трубу №3 (висота 180 м, діаметр гирла – 7,6 м).

На ТОВ Теплоенергоцентр (м. Кропивницький) працюють 16 котлоагрегатів викиди димових газів, яких об'єднано в три димові труби. Викиди димових газів від семи котлів виведені на дві димові труби; для зниження викидів на джерелах 002 та 003 було встановлено електрофільтри ЕГС фірми «LUK» (Німеччина) .

4.2.2. Особливості застосування скрубера Вентурі

Джерело 001 (найбільший котлоагрегат 1А, 1Б) – перший енергоблок має вихід на трубу окремим газоходом, який в даний час для очищення димових газів обладнаний скруберам Вентурі. Даний скрубер для очищення димових газів має недостатній рівень ефективності очищення, що досягає до 97%. Скрубер має підвищені експлуатаційні та технологічні витрати, які пов'язані з додатковими витратами на очищення димових газів (розгін газів,

що очищаються, подача води під високим тиском в сопла скрубера Вентурі, наявність додаткового технологічного обладнання, а саме краплеуловлювача з утворенням шламу). Скубер Вентурі зображений на рис. 4.1

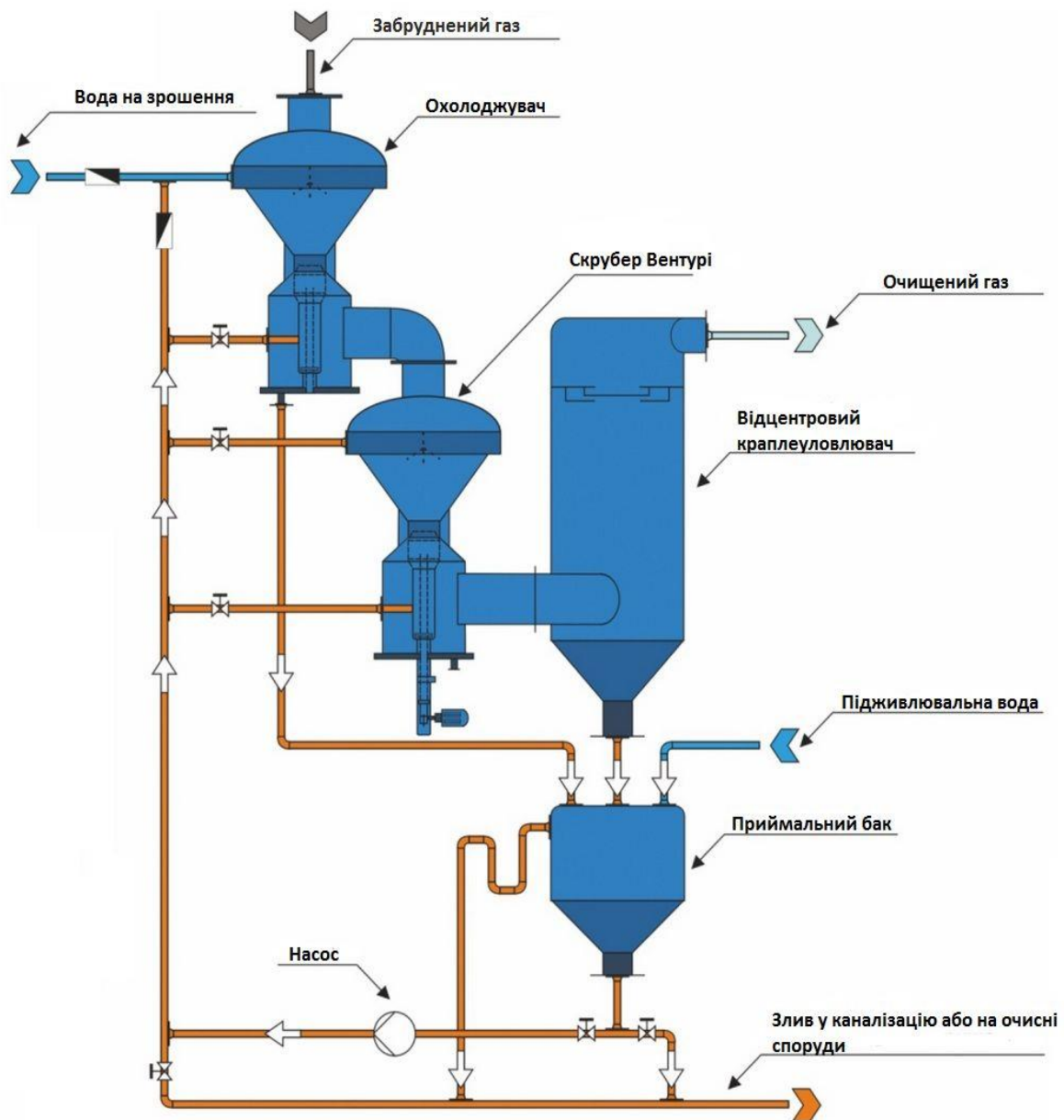


Рисунок 4.1 - Скрубер Вентурі

Робота скрубера Вентурі полягає в очищенні атмосферного повітря від пилу. Намоклі порошинки, рухаючись в газоповітряному потоці, при зіткненні злипаються і відокремлюються в уловлювачі.

Головне завдання мокрого очищення повітря від пилових часток — забезпечення максимальної площі контакту газоповітряної суміші з рідиною.

Запилене повітря подається в конфузور. Просуваючись по трубі діаметру, що звужується, газоповітряний потік набирає швидкість. Чим більше перепад площі поперечного перетину на вході і виході конфузора, тим вище швидкість. У порожнину секції, що звужується, по форсунках подається технічна вода або розчин абсорбуючого реагенту. Проходячи через горловину, повітря поступає в дифузор. Тут швидкість руху потоку сповільнюється. Мікрокраплі з уловленим пилом або газом з'єднуються.

На виході з пристрою зважена рідина затримується в краплеуловлювачі, а очищене повітря викидається в атмосферу.

Шлам який осідає в колекторі, в залежності від технічної придатності і складу, може бути в результаті утилізованим або відправленим у повторний виробничий цикл за допомогою рециркуляції [29].

Швидкісні газопромивачі (скрубери) об'єднують у велику групу апаратів, загальним для яких є наявність труби-розпилювача, в якій здійснюється інтенсивне дроблення газовим потоком, що рухається з високою швидкістю (порядку 40-150 м/с), що зрошує його рідини та встановленого за нею краплеуловлювача. Спочатку як труба розпилювача використовувалася труба Вентурі в її чистому вигляді, звідки і з'явилася назва газопромивачів подібного типу. Скрубери Вентурі – найбільш ефективні з апаратів мокрого очищення газів. Осадження частинок на краплях зрошуючої рідини сприяють високі відносні швидкості між ним у трубах розпилювачах. У скрубери Вентурі реалізується краплинна абсорбція, яка складається з «сопла Вентурі» (конфузор, дифузор) та краплеуловлювача. У конфузорній частині сопла підводиться запилений потік газу, а через форсунки під тиском впорскується рідина для зрошення цього потоку. У конфузорі відбувається розгін газу від початкової швидкості газу ($w_{г1} = 15...20$ м/с) до швидкості $w_{г2} = 30...200$ м/с у вузькій частині сопла [16].

Процес осаження частинок пилу на краплі рідини обумовлений великою різницею між масами (щільністю) рідини та газу, розвиненою поверхнею крапель та високою різницею (до 100 м/с) швидкостей частинок

пилу та рідини в конфузорі. Ефективність очищення значною мірою залежить від рівномірності розподілу рідини по перерізу конфузора. У дифузорній частині сопла різко падає тиск із конденсацією пари. Потік із конденсованими парами поступово гальмується до швидкості $w_t = 15 \dots 20$ м/с і потрапляє в краплеуловлювач, який зазвичай виконується у вигляді прямоточного циклону.

Скрубери Вентурі забезпечують досить високу ефективність очищення аерозолів (до $\eta = 0,99$) із середнім діаметром розмірів частинок $1 \dots 10$ мкм і більше при початковій концентрації домішок до 100 г/м³. Питома витрата води зрошення у своїй становить $0,1 \dots 6$ л/м³.

4.3. Аналіз запропонованої системи очищення викидів ТОВ «Теплоенергоцентр»

Джерелом можливого забруднення атмосферного повітря на ТОВ «Теплоенергоцентр» у місті Кропивницький є котли, при спалюванні в яких природного газу в атмосферу виділяються димові гази, що містять зокрема діоксид азоту та оксид вуглецю. На ТОВ «Теплоенергоцентр» у місті Кропивницький на джерелах викидів 002 та 003 рекомендовано встановити електрофільтри типу ЄГС фірми «LUK» ФРН. Реконструкція системи очищення димових газів на джерелі 001 шляхом заміни існуючого скрубера Вентурі на електрофільтр ЄГС фірми «LUK» ФРН з ефективністю очищення 99,6 % дозволить значно зменшити викиди шкідливих речовин.

Електрофільтри являють собою апарат з вертикальним та горизонтальним рухом газового потоку, в якому розміщені осаджувальні та коронуючі електроди. Осаджувальні електроди заземлені, а до коронуючих підводиться випрямлений електричний струм високої напруги від перетворювальної підстанції [9, 10, 11, 12, 13, 14]

Процес очищення газів в електрофільтрі можна розділити на стадії: заряджання зважених частинок у полі коронного розряду, рух заряджених

частинок до електродів, осадження частинок на електродах, видалення осаджених частинок з поверхні електродів. Будову запропонованого електрофільтру наведено на рисунку 4.2. нижче:

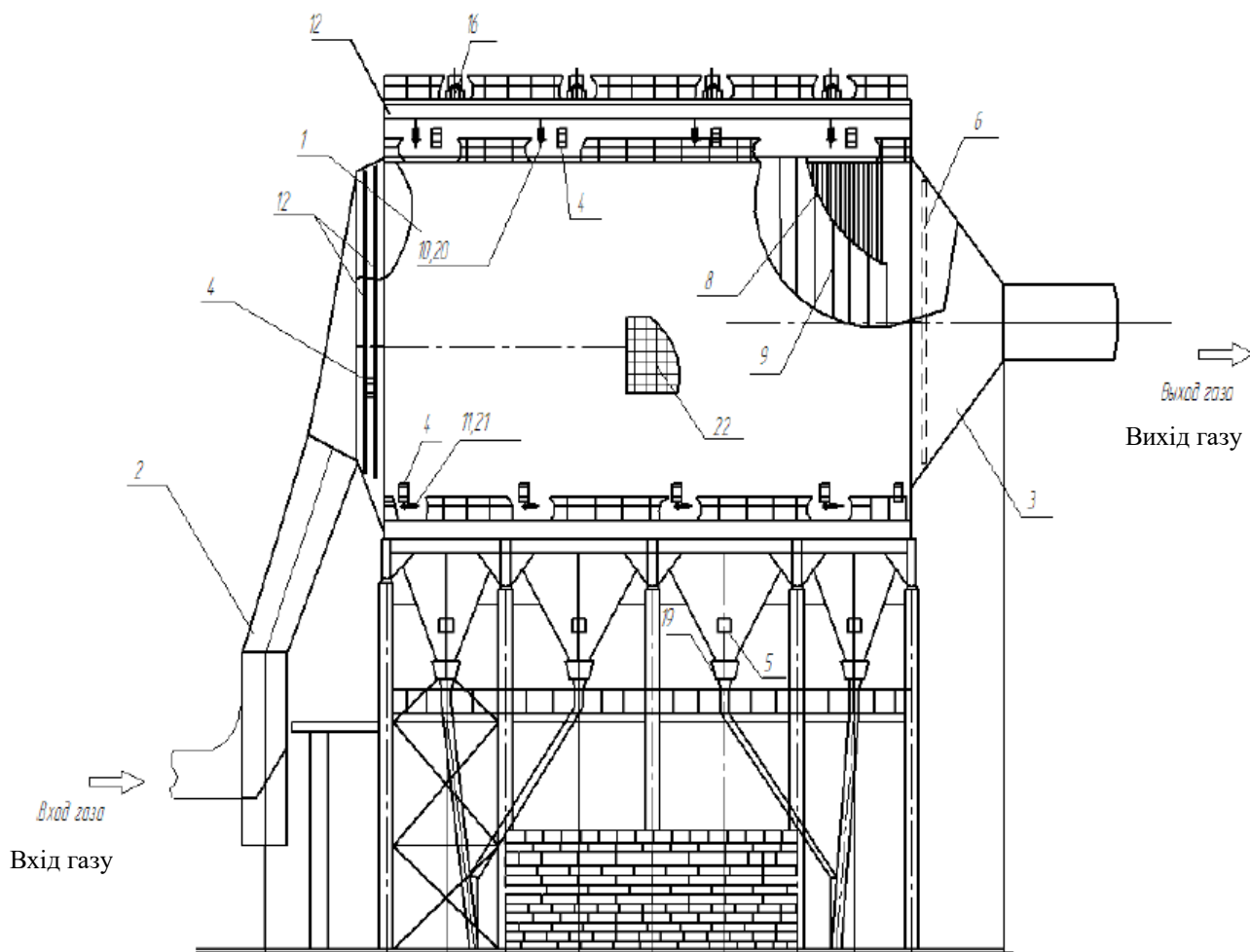


Рисунок 4.2. Схема електрофільтру ЄГС «LUC» (Німеччина):

1-корпус електрофільтра; 2-дифузор односекційний; 3-конфузор односекційний; 4-двері інспекційні; 5-люк інспекційний; 6-система газорозподілу на виході; 7-газовідбійні екрани в бункерах та корпусі ел.фільтра; 8-комплект системи коронуючих електродів; 9-комплект системи осаджувальних електродів; 10-комплект струшування для системи коронуючих електрода; 11-комплект струшування для системи осаджувальних електродів; 12-тунель опорних ізоляторів; 13-ізолятор опорний; 14-ізолятор прохідний; 15-електронагрівальний елемент опорного ізолятора; 16-токопровід; 17-агрегат харчування; 18-масляний піддон; 19-електронагрівальний елемент бункера; 20-електропривод струшування коронуючих електродів; 21-електропривод струшування осадкових електродів; 22-теплоізоляція електрофільтра.

Переваги електричних фільтрів:

- низькі енерговитрати (0,1-0,5 кв год) на м³ газів;
- високий ступінь очищення газів – до 99% і вище при уловлюванні частинок будь-яких розмірів;
- низький газодинамічний опір (100-150 па);
- можливість роботи в агресивних середовищах;
- можливість очищення високотемпературних газів;
- можливість повної автоматизації; процеси регулювання напруги, видалення з електродів уловлених частинок та вивантаження пилу в електрофільтрах можуть бути повністю механізовані та автоматизовані;
- широкий діапазон застосування;
- можливість очищення як від твердих, так і від рідких частинок.

Очищення димових газів відбувається за етапами. У котел котлотурбінного цеху надходить вугілля з БСУ. При спалюванні вугілля в котлах, закипає вода і утворюється тепла пара, яка призводить до руху турбіни. Обертаючи турбіни виробляють електричну енергію. При спалюванні палива важкий дим із золою виходить на електрофільтри. Дим проходить через електрофільтри та очищається до 99.6% і відводиться у димові труби. При очищенні диму із золою через електрофільтри зола випадає в труби і по цих трубах відправляється на золовідвал (рис. 4.3).

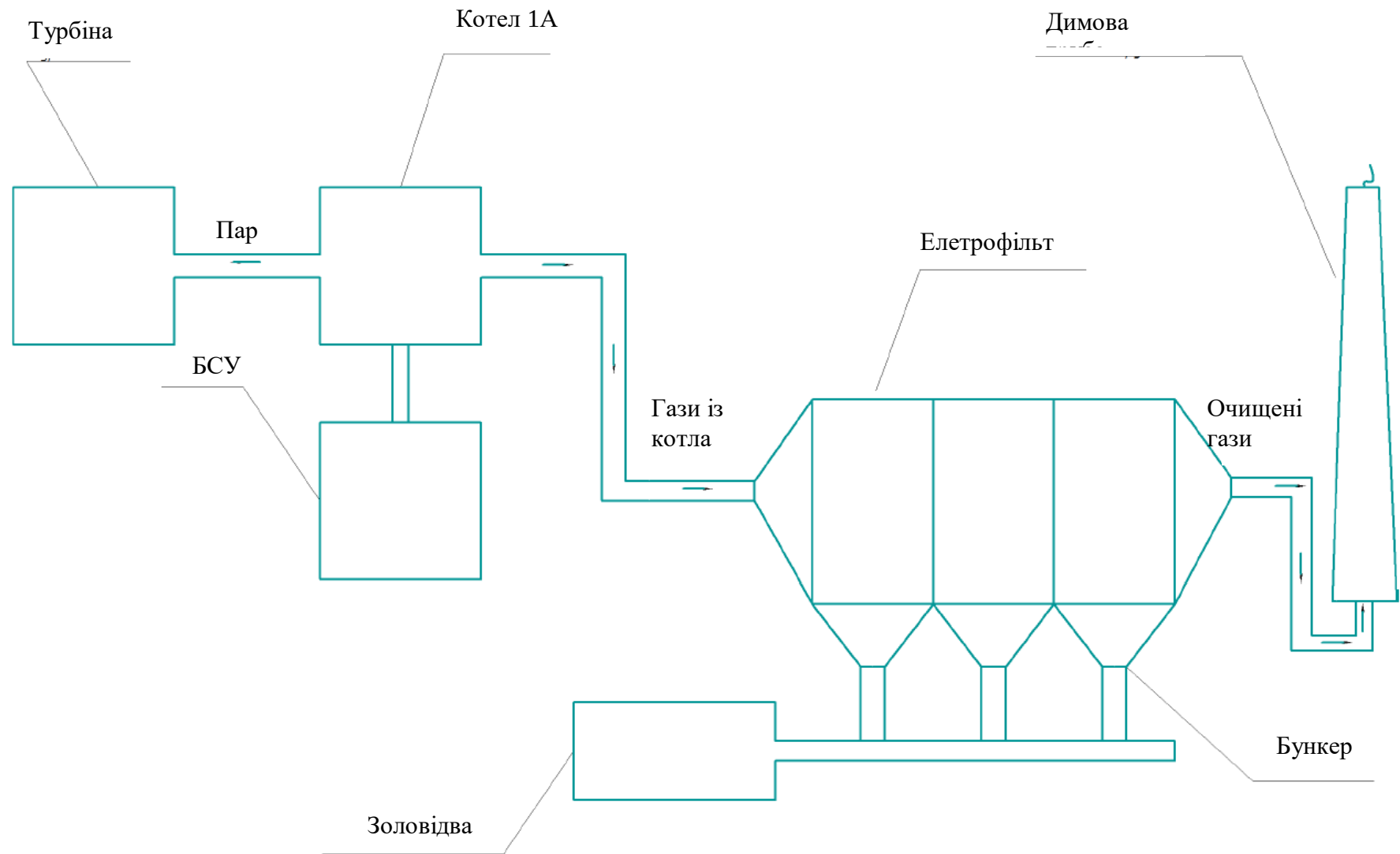


Рисунок 4.3 - Схема очищення атмосферного повітря

Була спроектована теоретична картина розсіювання забруднюючих речовин до та після встановлення обладнання. Карти розсіювання забруднюючих речовин (для наочності був взятий найбільш вагомий показник – зола вугілля) в атмосферу наведені на рисунках 4.4 та 4.5 нижче:

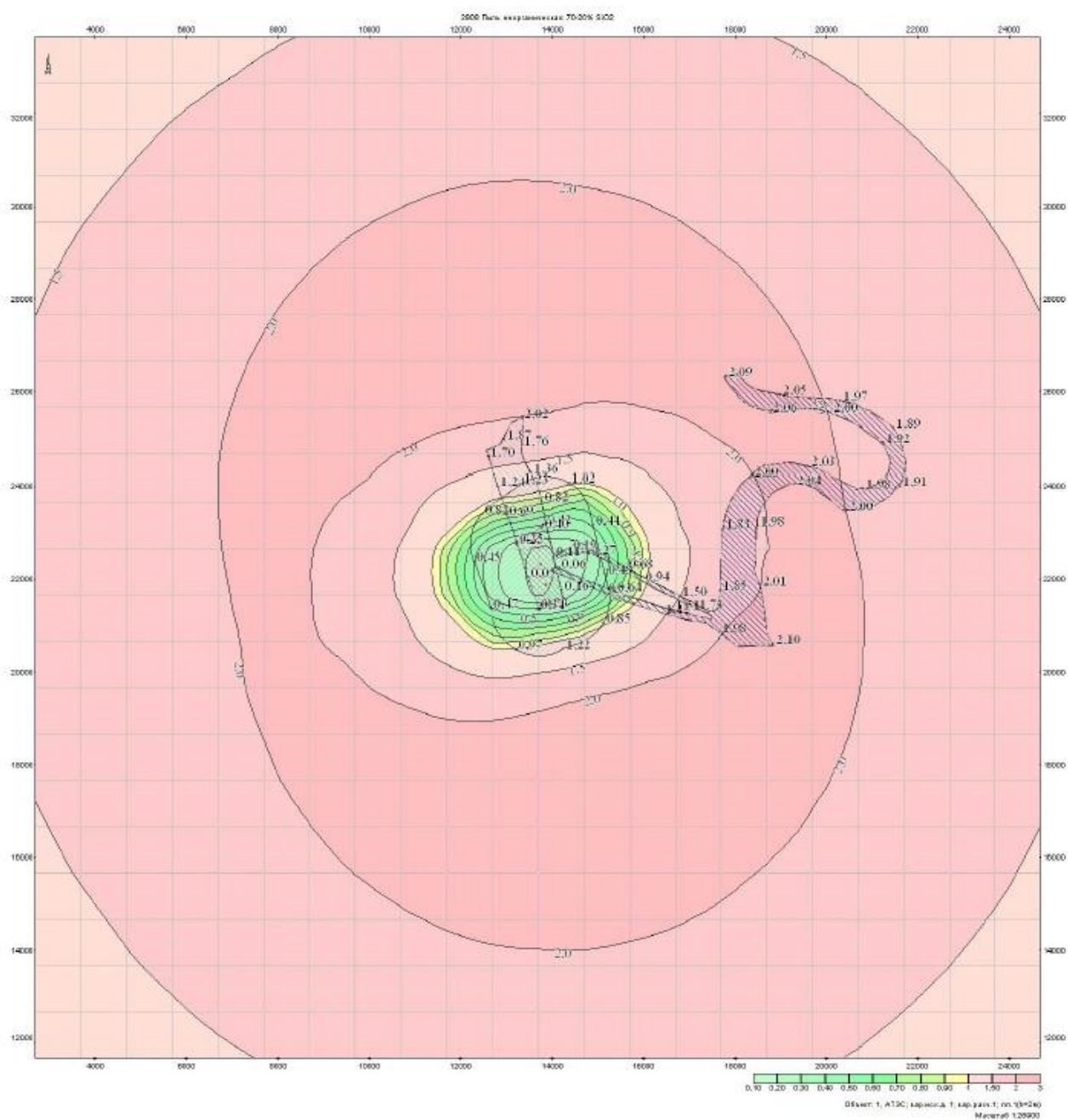
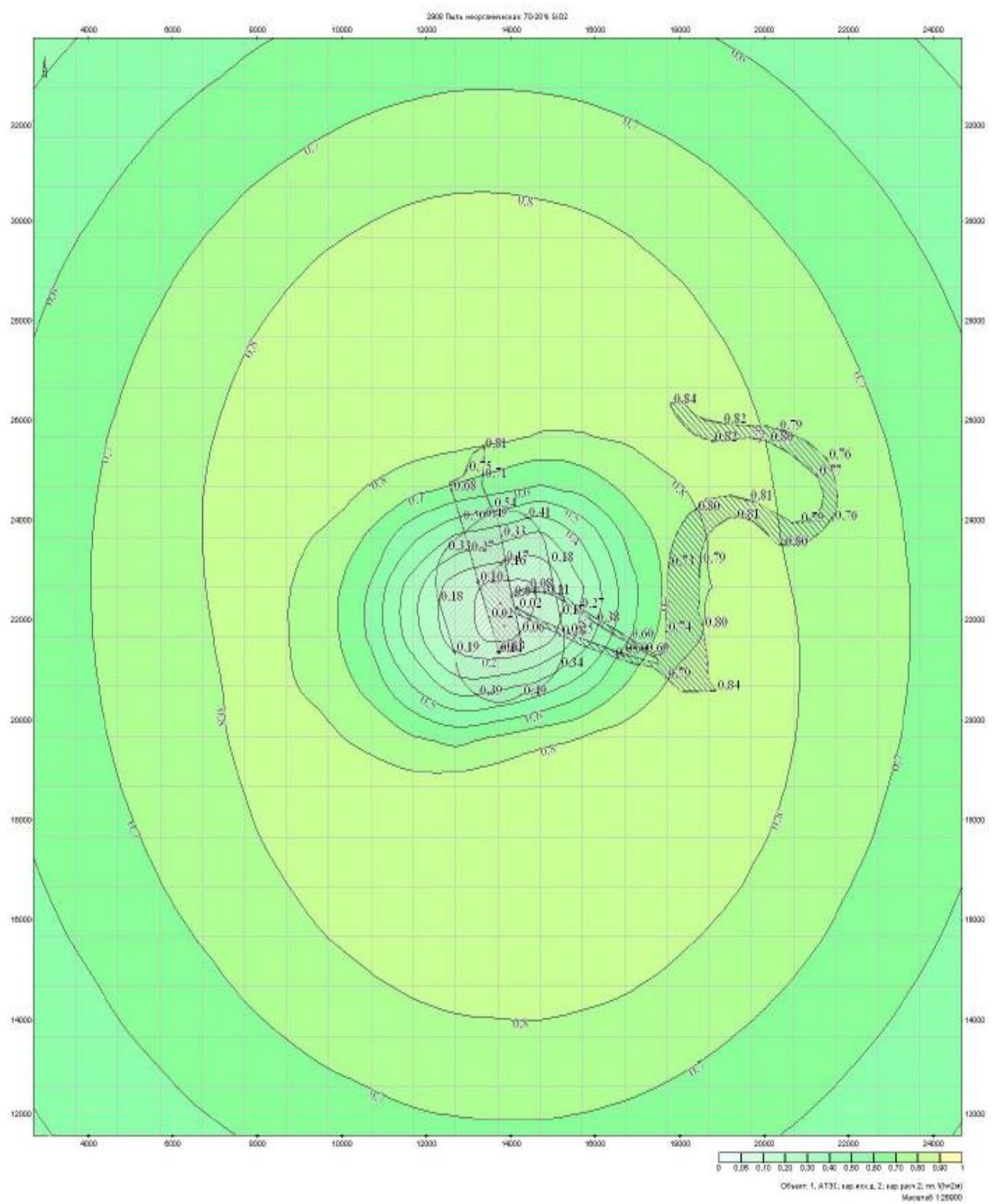


Рисунок 4.4 - Карта розсіювання золи вугілля до реконструкції



Розрахунки розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері від одиночних стаціонарних джерел забруднення атмосфери виконували на основі «Методики розрахунку концентрацій в атмосферному повітрі шкідливих речовин, які є в викидах підприємств. Загальносоюзний нормативний документ-86».

4.4. Результати розрахунків розсіювання забруднюючих речовин до та після реконструкції системи очищення

Наступним, було виконано два варіанти розрахунку розсіювання шкідливих речовин в атмосфері:

- 1 варіант. Розсіювання викидів забруднюючих речовин від котлотурбінного цеху (джерела 001, 002, 003) у зимовий період до реконструкції системи очищення газу.
- 2 варіант. Розсіювання викидів забруднюючих речовин від котлотурбінного цеху (джерела 001, 002, 003) у зимовий період після модернізації.

Аналіз результатів розрахунку забруднення атмосфери проведено за найбільшими граничними концентраціями забруднюючих речовин, отриманими в точках промислової зони, санітарно-захисної зони, охоронної та житлової зони. Результати аналізу наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунку розсіювання до реконструкції системи очищення

Найменування забруднюючої речовини	Код	Максимальна концентрація, частки ГДК			
		Промислова зона	СЗЗ	Охоронна зона	Житлова зона
Азоту діоксид	0301	0.15	0.46	0.80	0.76
Азоту оксид	0304	0.01	0.04	0.06	0.06
Сірки діоксид	0330	0.24	0.67	1.11	1.01
Вуглецю оксид	0337	розрахунок недоцільний			

Зола вугілля	2908	0.42	1.23	2.01	2.02
Група сумації (азоту діоксид, азоту оксид, сірка діоксид та мазутна зола)	6006	0.40	1.17	1.97	1.91
Група сумації (азоту діоксид і сірки діоксид)	6009	0.39	1.13	1.91	1.85
Група сумації (вуглецю оксид та пил неорганічний)	6046	0.42	1.23	2.10	2.03

При аналізі результатів розрахунку виявлено максимальні концентрації шкідливих речовин у промисловій зоні, охоронній зоні, санітарно-захисній зоні та у житловій зоні.

На існуюче положення максимальні приземні концентрації золи вугілля, діоксиду сірки та групи сумації (азота діоксид, азоту оксид, сірка діоксид та мазутна зола), (азота діоксид та сірки діоксид), (вуглецю оксид та пил неорганічний) вище гранично-допустимих значень. За іншими речовинами максимальні приземні концентрації у промисловій зоні, охоронній зоні, санітарно-захисній зоні та у житловій зоні не перевищують ГДК.

Від зазначених джерел викидів ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький, згідно з розрахунками, проведеними з використанням результатів прямих вимірювань вмісту забруднюючих речовин у газоповітряних викидах та затверджених методик, в атмосферу надходить 125544,715 тонн забруднюючих речовин [25].

Викиди забруднюючих речовин з димовими газами ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький становлять 125 362,147 тон або 99,85 % від загальної кількості викидів. Викиди димарів містять 58617,715 тонн золи вугілля, 48219,387 тонн діоксиду сірки, 13713,989 тон діоксиду азоту, 222,85 тонн оксиду азоту, 2581,246 тон оксиду вуглецю та 0,075 тонн мазутної золи (у перерахунку на ванадій) [16].

Серед інших забруднюючих речовин у викидах ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький є пил вугільний, зварювальний аерозоль, оксиди марганцю, заліза, нікелю, хром шестивалентний, фтористий водень, фториди, сполуки кремнію, пил абразивний, пил деревний та вуглеводні, загальною кількістю 182,568 т. З забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, ефект суммації мають: діоксид сірки і діоксид азоту, діоксид сірки, оксид азоту і мазутна зола, діоксид сірки і фтористий водень, пилу з різними коефіцієнтами осідання [25].

Для зниження величини викидів забруднюючих речовин в атмосферу пропонується використовувати очищення газоповітряної суміші від котлоагрегату електрофільтром з коефіцієнтом очищення 99,6%.

Здійснено розрахунок розсіювання викидів забруднюючих речовин після запропонованих заходів щодо зниження викидів запровадження системи очищення димових газів.

Аналогічно проведено аналіз результатів розрахунку забруднення атмосфери. Результати аналізу зведено до таблиці 4.3:

Таблиця 4.3 – Результати розрахунку розсіювання після реконструкції системи очищення

Найменування забруднюючої речовини	Код	Максимальна концентрація, частки ГДК			
		Промислова зона	СЗЗ	Охоронна зона	Житлова зона
Азоту діоксид	0301	0,06	0,18	0,31	0,30
Азоту оксид	0304	0,005	0,02	0,03	0,02
Сірки діоксид	0330	0,005	0,26	0,45	0,44
Вуглецю оксид	0337	розрахунок недоцільний			
Зола вугілля	2908	0,17	0,49	0,84	0,81
Група сумації (азоту діоксид, азоту оксид, сірка діоксид та мазутна зола)	6006	0,16	0,47	0,79	0,77

Група сумації (азоту діоксид і сірки діоксид)	6009	0,16	0,45	0,76	0,74
Група сумації (вуглецю оксид та пил неорганічний)	6046	0,17	0,49	0,84	0,82

При аналізі результатів розрахунку виявлено, що на перспективу максимальні приземні концентрації сірки діоксиду, золи вугілля та групи сумації (азота діоксид, азоту оксид, сірка діоксид та мазутна зола), (азота діоксид та сірки діоксид), (вуглецю оксид та пил неорганічний) не перевищуватимуть гранично-допустимих значень.

Таким чином, після реконструкції при виконанні очищення газів в електрофільтрах несприятливий вплив на довкілля зведеться до мінімуму, оскільки частки ГДК забруднюючих речовин всі без винятку, згідно результатів розрахунку розсіювання, будуть становити менше одиниці (<1).

РОЗДІЛ 5

ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

Методи економічного обґрунтування способів захисту навколишнього середовища характеризуються певною специфікою, так як витрати на заходи, що забезпечують виконання санітарно-гігієнічних нормативів або зниження існуючого рівня забруднення навколишнього середовища, призводять до наслідків, які мають багатогалузевий характер. Впровадження природоохоронних заходів в енергетиці веде до зміни техніко-економічних показників виробництва енергії, до збільшення кількості уловлених шкідливих речовин і створення передумов для їх корисного використання, до зменшення шкоди від забруднень в різних галузях народного господарства.

Не всі наслідки запобігання або зниження забруднення повітряного середовища мають вартісну оцінку. Тому економічне порівняння природоохоронних заходів слід доповнювати аналізом соціальних, наприклад, зниження смертності, збереження пам'яток культури, запобігання незворотних процесів в природі (виродження окремих представників рослинного і тваринного світу) тощо.

Природоохоронні заходи є невід'ємною частиною технологічного процесу виробництва енергетичної продукції. Однак це не виключає постановки задачі, коли елемент даного процесу – захист повітряного басейну – виділяється з комплексу і розглядається самостійно в рамках загальних вимог до оцінки ефективності капітальних вкладень. Таке виділення доцільно при аналізі ефективності різних способів захисту атмосфери в процесі проектування електростанцій і тим більше необхідно при обґрунтуванні заходів щодо зниження шкідливих викидів в атмосферу на діючих електростанціях.

Для захисту повітряного басейну від шкідливих промислових викидів в навколишнє середовище з димовими газами діючих і проєктованих ТЕС і котелень може бути застосований ряд заходів, до яких відносяться:

- спорудження газоочисного і пиловловлюючого обладнання та його реконструкція;
- зміна технологічних процесів з метою знизити шкідливі для навколишнього середовища викиди;
- попередня підготовка палива перед спалюванням з метою зменшити або ліквідувати шкідливі сполуки;
- раціональне розміщення енергопідприємств, що виключає накладення приземних концентрацій;
- раціональний розподіл палива, що спалюється між підприємствами з метою знизити забруднення повітряного басейну в районі їх розташування;
- забезпечення зниження приземних концентрацій шляхом поліпшення розсіювання шкідливих викидів в атмосфері.

Слід окремо домовитися про те, що заходи щодо поліпшення розсіювання, зокрема за рахунок спорудження надвисоких труб, – це скоріше вимушене рішення, тимчасовий захід. Можливості таким способом захищати атмосферу від забруднення вже в даний час близькі до вичерпання, так як це може призвести до глобального забруднення атмосфери. Крім того, при вирішенні питання про захист атмосфери за допомогою спорудження високої труби на одному підприємстві створюється фонове забруднення на великій території і тим самим ускладнюється захист атмосфери від шкідливих викидів на багатьох інших підприємствах.

5.1. Оцінка економічності застосування електрофільтру від забруднень атмосферного повітря

Для оцінки економічності застосування електрофільтру від забруднень атмосферного повітря доцільно провести порівняльний розрахунок економічних показників системи очищення повітря із встановленим апаратом та без нього.

Оцінку економічності застосування запропонованого методу очищення виконано для встановлення ТОВ «Теплоенергоцентр».

Порівняння економічності варіантів систем очищення повітря проводиться у разі різниці наведених витрат. Економічний ефект розраховується за формулою

$$E = (C_1 - C_2) + 0,12 (K_1 - K_2) \text{ грн./рік, (5.1)}$$

де C_1 і C_2 – сума експлуатаційних витрат за базовим (система без апарату) та новим (з апаратом) варіантами;

K_1 та K_2 – сума капітальних витрат для тих же варіантів;

0,12 – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

До капітальних витрат C_2 відноситься вартість електрофільтра аерозолеуловлювача. До експлуатаційних витрат K_2 відноситься вартість витрат електроенергії та витрати на техобслуговування апарату.

Оскільки уловлений матеріал можливо повернути у виробничий процес економію його вартості необхідно віднести до експлуатаційних витрат K_1 за базовим варіантом, тут же доцільно врахувати економію плати за викиди забруднюючих речовин

Для проведення розрахунку використовувалися такі дані:

- Продуктивність електрофільтра з пластинчастими осадовими елементами 10000 м³/годину.
- Початкова концентрація групи сумарної (6046): 200 мг/м³.
- Ефективність очищення 94%.
- Аеродинамічний опір апарату: 1300 Па.

Капітальні витрати K_1

На виготовлення та монтаж електрофільтра із співвідношенням осаджувальних елементів $L/D = 250 : 154282$ грн.

Експлуатаційні витрати C_1

Витрати на електроенергію становитимуть: 70681 грн/рік

Витрати на техобслуговування приймаються у розмірі 2% вартості електрофільтра: 3086 грн/рік.

Таким чином, річні експлуатаційні витрати становлять:

$$70\,681 + 3086 = 73\,767 \text{ грн. / рік.}$$

Експлуатаційні витрати C_0

Вартість сировини складає: 312832 грн/рік

Плата за викиди діоктилфталату: 2351 грн/рік

Підставляючи отримані величини витрат у формулу (5.1), отримаємо, що річний економічний ефект застосування одного електрофільтра продуктивністю 10000 м³/год складає:

$$E = (312832 + 2351) - (73767 + 0,12 \times 154282) = 222902 \text{ грн. / рік.}$$

Для оцінки економічності застосування електрофільтра типу ЕГС фірми «LUK» (Німеччина) виконано також порівняльний економічний аналіз при використанні апаратів інших типів: пластинчастий сепаратор типу ФЕС та фільтра механічного очищення типу ФМС (див. табл. 5.1):

Таблиця 5.1 – Порівняльні економічні показники очищення повітря за різними варіантами

Показники	Базовий варіант: без очищення	Варіант 1: електрофільтр типу ЕГС фірми «LUK» ФРН	Варіант 2: пластинчастий сепаратор типу ФЕС	Варіант 3: механічний фільтр типу ФМС
Капітальні витрати, К: Ціна апарату, грн.	-	154282	852500	662800
Експлуатаційні витрати, С: вартість ел.енергії, грн/рік	-	70681	77518	77518
техобслуговування, грн /рік	-	3086	85250	133256
плата за викиди, грн /рік	2351	-	-	-
вартість сировини, грн /рік	312832	-	-	-
Наведені витрати, грн. / рік: $\Pi = 3 + 0,12 \times K$	315183	92280	265068	290310
Економічний ефект від застосування апарату, грн/рік	-	222902	50115	24873
Порівняння економічності апаратів за 1 та 2 варіантами, грн/рік		172288		

Порівняння економічності апаратів за 1 та 3 варіантами, грн/рік		198030		
---	--	--------	--	--

Виконаний економічний аналіз показав ефективність використання запропонованого електрофільтра типу ЕГС фірми «LUK» порівняно з сепаратором та механічним фільтром. Наведені витрати при встановленні електрофільтра типу ЕГС фірми «LUK» менші, ніж при встановленні інших апаратів (сепаратора в 2,87 разів, механічного фільтра в 3,15 разів).

5.2. Оцінка економічних збитків від забруднення атмосферного повітря

Оснoву методів вирішення завдань з економічного обґрунтування природоохоронних заходів (включаючи вибір показників і визначення областей застосування) складають загальні положення з економічного порівняннi варіантів з використанням критерію мінімуму приведених витрат і терміну окупності.

В принципі можливі дві постановки задачі:

- загальна, коли, порівнюючи заходи щодо захисту навколишнього середовища, враховують збиток, що наноситься народному господарству забрудненням;
- приватна, коли заходи вирівняні (приведені до порівнянної увазі) і облік збитків не потрібно.

У таблиці 5.2 приведені величини індивідуальних доз впливу викидів хімічних газоподібних з'єднань і твердих частинок ТЕС і відповідні величини ймовірності виникнення соматико-стохастичних ефектів у людини на 1 ГВт (ел.) Виробленої енергії ТЕС з урахуванням двох підходів.

Таблиця 5.2 – Екологічний ризик забруднення атмосферного повітря неканцерогенними хімічними газоподібними сполуками і твердими частинками викидів ТОВ Теплоенергоцентр у місті Кропивницький

Показник	Імовірність соматико-стохастичних ефектів на 1 ГВт (ел.)	Кількість випадків соматико-стохастичних ефектів на 1 ГВт (ел.)
	Підхід по відношенню до ПДКсс	
SO ₂	$8,73 \cdot 10^{-4}$	11,2
NO _x	$1,70 \cdot 10^{-4}$	2,18
CO	$1,45 \cdot 10^{-7}$	$1,87 \cdot 10^{-3}$
Тверді частинки	$8,16 \cdot 10^{-4}$	20,6
Σ	$1,86 \cdot 10^{-3}$	33,9
	Підхід по відношенню до RfCcc	
SO ₂	$5,44 \cdot 10^{-4}$	6,98
NO _x	$1,70 \cdot 10^{-4}$	2,18
CO	$1,45 \cdot 10^{-7}$	$1,87 \cdot 10^{-3}$
Тверді частинки	$1,09 \cdot 10^{-3}$	27,4
Σ	$1,80 \cdot 10^{-3}$	36,6

Також вплив на екологію міста обчислюється за допомогою економічних показників. Основні завдання оцінки економічного збитку визначаються існуючими суспільними відносинами і конкретизуються в залежності від реального стану навколишнього природного середовища. Узагальнюючими завданнями оцінки економічного збитку є:

- Оцінка економічного збитку навколишньому природному середовищу необхідна для внесення в екологічний паспорт промислового підприємства, це характеризує ступінь впливу підприємства і придатність природного середовища для задоволення потреб інших суб'єктів;
- Застосування оцінки економічного збитку необхідно з метою зіставлення розмірів економічного збитку, що наноситься підприємством атмосферного повітря, водним та земельним ресурсам. Такий підхід дозволить провести районування території за розміром збитку, покаже цінність даного регіону в межах України;
- З розвитком ринкових відносин завданням оцінки економічного збитку є регулювання відносин промислового підприємства з природним об'єктом при купівлі-продажу, приватизації, оренди, кредитуванні підприємства;

- Завданням оцінки економічного збитку є визначення планових і фактичних показників, які відповідають лімітні і фактичного обсягу викидів забруднюючих речовин в навколишнє природне середовище.

Оцінка збитків навколишнього природного середовища повинна враховувати витрати на зниження забруднень, відновлення навколишнього природного середовища, компенсацію ризику для здоров'я людини, додатковий природний ресурс для усунення негативних змін. Така комплексна вартісна оцінка пов'язана з урахуванням великої кількості факторів і тому її розрахунок досить скрутний.

Розрахунок наднормативних викидів M_i в тонах розраховується за формулою:

$$M_i = 0.0036 \times (V_i \times C_i - M_{qi}) \times T, \quad (5.2)$$

де V_i – об'ємна витрата газопилового потоку на виході ($\text{м}^3/\text{с}$);

C_i – середня концентрація «і»-ої забруднюючої речовини із серії відібраних проб розрахованих як середнє арифметичне ($\text{г}/\text{м}^3$);

M_{qi} – це потужність дозволеного викиду «і»-ої забруднюючої речовини на даному джерелі, яка встановлена дозволом на викиди ($\text{г}/\text{с}$)

T – час роботи джерела в режимі наднормативного викиду (год).

Термін роботи джерела в режимі наднормативного викиду визначають з моменту виявлення порушення до моменту його усунення підтвердженого даними контрольної перевірки.

Якщо за даними вимірів зафіксованих в журналах первинної облікової документації підприємства не одноразово виявляли перевищення встановленого нормативу, по даному джерелу, то термін роботи джерела в режимі наднормативного викиду береться з часу введення нормативу в дію до дня контрольної перевірки, але не більше ніж 1 астрономічний рік.

У випадку коли останнім виміром підприємства не виявлено перевищення встановленого нормативу. А при перевірці воно було

встановлене, відлік часу роботи джерела в режимі нормативного викиду береться з моменту виявлення порушень.

Всі контрольні перевірки фактів усунення викидів проводять за рахунок підприємства.

У разі відсутності на підприємстві зафіксованих в первинній обліковій документації результатів вимірів потужності викидів забруднення району або якщо результати вимірів анульовані, то час роботи джерела в режимі наднормативних викидів встановлюється, як три попередні місяці до дня даної перевірки.

Розрахунок збору за забруднення навколишнього природного середовища

Визначення платежів за викиди в атмосферу забруднюючих речовин стаціонарними джерелами забруднення.

$$\Pi = \sum(M_{\phi} + M_{\text{пл}}) \times H \times K_{\text{т}} \times K_{\text{нас}} \times K_{\text{інд}}, \quad (5.3)$$

де M_{ϕ} – маса фактичних викидів забруднення району;

$M_{\text{пл}}$ – маса позалімітних викидів району;

H – норматив плати за забруднення НС;

$K_{\text{т}}$ – коефіцієнт, який враховує господарче значення населеного пункту;

$K_{\text{нас}}$ – коефіцієнт, який враховує чисельність населення;

$K_{\text{інд}}$ – коефіцієнт індексації, який залежить від рівня інфляції в країні (приймаємо рівний 6).

$K_{\text{інд}} = 6$.

Розрахунок розмірів відшкодування збитків за наднормативні викиди забруднюючих речовин в атмосферу повітря

$$\Pi = \sum(M_{\phi} + M_{\text{пл}}) \times H \times K_{\text{т}} \times K_{\text{нас}} \times K_{\text{інд}} \quad (5.4)$$

$K_{\text{нас}} = 1,35$ млн. чол.;

$K_{\text{т}} = 1,00$;

1.1 Оксид вуглецю $(42 + 56) \times 53 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 42.07$ (тис.грн.).

1.2 Діоксид азоту $(25 + 31) \times 20 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 9.07$ (тис. грн.).

$$1.3 \quad \text{Сажа } (18 + 26) \times 67871 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 24189.22 (\text{тис.грн})$$

$$1.4 \quad \text{Сполуки міді } (28 + 32) \times 2150 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 1045 (\text{тис.грн}).$$

$$1.5 \quad \text{Сполуки цинку } (28 + 32) \times 2150 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 1045 (\text{тис.грн}).$$

$$1.6 \quad \text{Пластифікатори } (1.3 + 17) \times 1431 \times 1.35 \times 1 \times 6 = 212,12 (\text{тис.грн}).$$

$$П = \sum (42.07 + 9.07 + 24189.22 + 1045 + 1045 + 212.12) = 26542.48 (\text{тис.грн})$$

Враховуючи все вище сказане, можливо запропонувати модернізувати найбільш небезпечні ділянки встановлення запропонованого електрофільтру.

Зважаючи на все це на сьогоднішній день існують певні шляхи поліпшення стану атмосферного повітря, та загального екологічного стану навколишнього середовища. Основними напрямками підвищення екологічної безпеки ТОВ «Теплоенергоцентр» у місті Кропивницький, тому числі стану атмосферного повітря, всі експерти вважають:

1. Зменшення техногенного навантаження на навколишнє природне середовище шляхом модернізації та переоснащення промислових підприємств, впровадження сучасних ресурсозберігаючих технологій, нових технологій очищення, переробки і знешкодження відходів виробництва.
2. Впровадження нових технологій у галузі природокористування, охорони і відтворення природних ресурсів (інноваційний підхід).
3. Стимулювання природоохоронної діяльності суб'єктів господарської діяльності, створення економічних та інших умов для більш раціонального використання наявних природних ресурсів, активізації впровадження систем і стандартів екологічного менеджменту.

- 4.Посилення екологічного контролю з боку держави і територіальних громад, удосконалення системи моніторингу стану навколишнього природного середовища.
5. Підвищення ефективності системи управління у сфері природоохоронної діяльності, її спрямування на попередження негативного впливу на навколишнє природне середовище.
6. Підвищення загальної екологічної культури та екологічної свідомості громадян.
7. Розширення залучення громадськості та засобів масової інформації до участі у вирішенні екологічних проблем регіону.
8. Подальше удосконалення нормативно-правової бази, підвищення вимог екологічних нормативів і стандартів (регіональні ініціативи) [1].

Всі ці заходи допоможуть знизити ГДК шкідливих речовин до оптимальних значень, що в значній мірі буде сприяти поліпшенню екологічного стану навколишнього середовища ТОВ «Теплоенергоцентр» у місті Кропивницький, а через нього, безумовно на поліпшення рівня здоров'я населення. Бо зв'язок між шкідливим оточенням і станом здоров'я доказано багатьма науковими працями та клінічними дослідженнями [14, 11].

РОЗДІЛ 6

ОХОРОНА ПРАЦІ

Інженер з охорони навколишнього середовища здійснює свою діяльність відповідно до Законів України «Про електроенергетику», «Про забезпечення єдності вимірювань», законодавчих актів України в галузі охорони навколишнього середовища, наказів та розпоряджень з електростанції, положення щодо ВТО виробничо-технічного відділу.

Інженер з охорони навколишнього середовища під час виконання своїх обов'язків підпорядковується начальнику ВТО.

Інженер з охорони навколишнього середовища призначається на посаду та звільняється наказом по ТОВ Теплоенергоцентр за поданням начальника ВТО.

6.1. Кваліфікаційні вимоги до інженера з охорони навколишнього середовища

На посаду інженера з охорони навколишнього середовища призначається особа, яка має вищу технічну освіту та стаж роботи на посаді інженера з охорони навколишнього середовища або інших інженерно – технічних посад, займаних фахівцями з вищою освітою, не менше три роки.

Інженер – еколог повинен знати:

- територіальне розташування природоохоронного обладнання, призначення та принцип роботи даного обладнання;
- виробничу та організаційну структуру підприємства;
- теплову схему станції;
- режим роботи природоохоронного обладнання;
- схему газо-повітряного тракту котлоагрегату та енергетичні параметри на кожній його ділянці;
- балансову схему водоспоживання та водовідведення підприємства, а також зовнішніх споживачів води;

- будову, принцип роботи котла, золоуловлювальних пристроїв та їх характеристики.
- засоби та методи контролю технологічних процесів;
- правила користування обчислювальною та комп'ютерною технікою та прийоми роботи на ній;
- дотримання природоохоронних вимог;
- систему гідрозоловидалення електричної станції;
- перелік шкідливих інгредієнтів, що забруднюють довкілля на електричній станції, джерела та технологію освіти.
- інженер з охорони навколишнього середовища в установленому порядку проходить атестацію на відповідність займаній посаді через чотири роки та перепідготовку за необхідності.

До обов'язків інженера – еколога входять:

1. Здійснювати контроль за дотриманням у підрозділах станцій чинного законодавства, інструкцій, правил та норм з охорони навколишнього середовища.
2. Брати участь у підготовці технічних завдань на проектування нових, розширення та реконструкцію діючих виробництв та об'єктів станції з урахуванням вимог раціонального використання природних ресурсів та охорони навколишнього середовища.
3. Здійснювати контроль за дотриманням технологічних режимів природоохоронних об'єктів, аналізувати їхню роботу.
4. Проводити періодичний контроль устаткування цехів, які впливають екологічну обстановку з видачею розпорядження.
5. Брати участь у роботі інспектуючих органів щодо перевірки природоохоронної діяльності цехів, ділянок відділів та станції загалом у цій галузі.
6. Проводити аналіз еколого-економічної ефективності виконання заходів щодо охорони та раціонального використання природних ресурсів.

7. Вирішувати в оперативному порядку поточні виробничі питання щодо обліку водоспоживання та водовідведення, викидів шкідливих речовин в атмосферу, утворення та складування відходів.
8. Складати місячну, квартальну та річну звітність відповідно до встановлених форм.
9. Вчасно інформувати начальника ВТО про порушення природоохоронного законодавства у підрозділах підприємства.
10. Брати участь у підготовці та оформленні документів для отримання дозволів на спеціальне природокористування та ПДВ.

У права інженера – еколога входять:

1. Знайомитись з проектами рішень керівництва підприємств, що стосуються його діяльності;
2. Вносити на розгляд керівництва пропозиції щодо вдосконалення роботи, пов'язаної з передбаченими цією посадовою інструкцією обов'язками;
3. Повідомляти безпосереднього керівника про всі виявлені у процесі виконання посадових обов'язків недоліки у виробничій діяльності підприємства та вносити пропозиції щодо їх усунення;
4. Запитувати від керівників підрозділів підприємства та спеціалістів інформацію та документи, необхідні для виконання посадових обов'язків;
5. Залучати фахівців інших структурних підрозділів до сприяння у вирішенні завдань, покладених на інженера – еколога (якщо це передбачено положеннями про структурні підрозділи, якщо ні – з дозволу керівництва);
6. Вимагати від керівництва підприємства сприяння у виконанні інженером з охорони навколишнього середовища своїх посадових обов'язків;

7. Видавати начальникам цехів, відділів дільниць свої зауваження в письмовій формі щодо усунення недоліків у роботі природоохоронних об'єктів структурних підрозділів станції та щодо несвоєчасного виконання заходів щодо охорони та раціонального використання природних ресурсів, щодо виконання природоохоронного законодавства станції;
8. Брати участь у загальних зборах ТОВ Теплоенергоцентр та вносити свої пропозиції.

6.2. Відповідальність інженера з охорони навколишнього середовища

Інженер з охорони навколишнього середовища відповідає за:

- належне виконання своїх обов'язків;
- якість виконання робіт відповідно до посадових обов'язків;
- правильність та повноту використання поданих йому прав;
- забезпечення виконання планових завдань, що належать до сфери його діяльності;
- низьку виконавчу дисципліну;
- недотримання вимог інтегрованої системи менеджменту;
- шкоду, заподіяну навколишньому середовищу своїми діями;
- недотримання правил внутрішнього розпорядку та вимог правил охорони праці.

Інженер з охорони навколишнього природного середовища несе в установленому порядку матеріальну, адміністративну дисциплінарну та іншу відповідальність відповідно до законодавства України.

6.3 Види звітності

Раз на рік складаються звіти за формою № 2-ТП (повітря), № 2-ТП (вода), № 2-ТП (відходи) та № 4-ОС.

Звіт за формою № 2-ТП (повітря) складають юридичні особи, їх відокремлені підрозділи (далі – підприємства), які мають стаціонарні джерела викидів шкідливих (забруднюючих) речовин в атмосферне повітря, незалежно від того, чи обладнані вони очисними установками чи ні. Звіт підписує керівник звітуючого підприємства, який несе відповідальність за правильність його заповнення та своєчасне надання у всі встановлені форми строки та адреси. Якщо у звіті є різкі розбіжності порівняно з минулим періодом, а також із розбіжністю фактичних викидів із встановленими нормативами, то необхідно до звіту додати пояснювальну записку, з коротким викладом причин різкого збільшення чи зменшення показників.

Промислове підприємство, що має виробничі майданчики, які територіально розташовані в різних районах, складають звіти по кожному майданчику окремо.

До звіту не включаються дані про кількість речовин, що відходять з газами, які використовуються в технологічних процесах виробництва продукції як сировина або напівфабрикати, якщо це спочатку передбачалося проектом даної технології. Зокрема, не враховуються речовини, що утворюються та утилізуються при очищенні газів, що відходять від реакторів при виробництві сажі на заводах технічного вуглецю, очищенні газів, що відходять від рудно-термічних печей при виробництві жовтого фосфору на фосфорних заводах, очищенні газів, що відходять від печей «киплячого шару» на хімічних заводах. На підприємствах чорної металургії не враховується окис вуглецю, що міститься в доменному газі, що використовується як технологічне паливо. Не враховуються речовини, уловлені установками та системами «подвійної адсорбції» та «подвійного контактування», що служать для отримання продукції з відхідних газів заводів кольорової та чорної металургії, хімії, нафтохімії та інших галузей.

Основою для заповнення звіту за формою № 2-ТП (повітря) є дані інвентаризації джерел викиду забруднюючих речовин в атмосферу, а також дані первинного обліку за типовими формами № ПОД-1, 2, 3, що відображає

результати проведеного підприємством у звітному році відомчого контролю за промислових викидів.

№ ПОД-1 – «Журнал обліку стаціонарних джерел забруднення та їх характеристик» Записи в журналі ведуться на підставі та в міру проведення вимірювань параметрів джерел забруднення та результатів лабораторного аналізу відібраних проб. Виміри здійснюються відповідно до узгодженого контрольної організації планом-графіком контролю.

№ ПОД-2 – «Журнал обліку виконання заходів з охорони атмосферного повітря» заповнюється не рідше 1 разу на квартал.

№ ПОД-3 – «Журнал обліку роботи газоочисних та пиловловлюючих установок» Заповнюється всіма підприємствами, що мають газоочисні та пиловловлюючі установки призначені для охорони атмосферного повітря від забруднення і використовується для обліку відпрацьованого часу за кожною наявною установкою.

У звіті за формою № 2-ТП (повітря) не відображаються дані щодо пересувних джерел забруднення атмосфери.

№ 4-ОС представляють юридичні особи, їх відокремлені підрозділи, що мають очисні споруди, що здійснюють у себе природоохоронні заходи (самостійно або у вигляді споживання сторонніх послуг), а також плату за природні ресурси та забруднення навколишнього природного середовища. Дані надаються у тисячах гривень з одним знаком після коми.

ВИСНОВКИ

1. В даний час нормування викидів шкідливих речовин у атмосферу ґрунтується на необхідності дотримання гігієнічних критеріїв якості атмосферного повітря населених місць. Разом з тим, як показують результати низки досліджень, високі рівні атмосферного забруднення повітря по-різному впливають на складові екосистеми (рослинність і лісові насадження, сільськогосподарські угіддя різних видів, ґрунт, вода, фауна тощо.).
2. Зміна складу атмосферного повітря у зоні впливу підприємства з вироблення теплової енергії визначається також використанням кисню внаслідок масштабного спалювання палива. Місцеве джерело теплоти достатньої інтенсивності сприяє утворенню стійкої термічної циркуляції. У всіх випадках теплове забруднення, що надходить від енергетичних об'єктів та водойм, зрештою, передається в атмосферу. Термальне забруднення підвищує токсичність забруднювачів, що є у воді.
3. У представлений випускній кваліфікаційній роботі проведено розрахунки викидів забруднюючих речовин від котлоагрегатів та розрахунки розсіювання забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери від джерел. Встановлено, що ТОВ «Теплоенергоцентр» є джерелом, що значно впливає на максимальну приземну концентрацію забруднюючих речовин при розсіюванні золи вугілля та сполук сірки, азоту, вуглецю.
4. З метою запобігання забруднення атмосферного повітря запропоновано встановлення електрофільтру ЄГС фірми «LUK» (Німеччина). Після реконструкції системи очищення димових газів на першому енергоблоці турбінного цеху викиди золи вугілля значно знижуються і, якщо до реконструкції цей показник становив 2,02 частки ГДК в житловій зоні, то тепер – лише 0,81 ГДК. Природоохоронні заходи, спрямовані на підвищення промислової та екологічної безпеки виробництва, обґрунтовані розрахунками.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басов А.В. Кетов А.А. Сулімов Д.Д. Сєров А.В. Параметричний моніторинг газових викидів теплоенергетичних установок//Екологія та промисловість, 2015, N1.С.20-21.
2. Батлук, В. А. Основи екології: підручник [Текст] / В. А. Батлук – К.: Знання, 2017. – 519 с.
3. Бекетов В. Е. Конспект лекций по разделу «Рассеивание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и методики расчета приземных концентраций» к дисциплине «Инженерная аэроэкология городов» / В. Е. Бекетов, Г.П. Евтухова, Ю.Л.Коваленко; Харьк. нац. акад. город. хоз-ва. – Х. : ХНАГХ, 2021. – 74 с.
4. Глушко А. А. Экстремальная экология (человек и природа) // Инженерная экология, 2010. № 1(91). С. 4-24.
5. Григорьев Ю. И.; Ершов А. В., Силин И. И. Качество воздушной среды и заболеваемость детей // Гигиена и санитария. 2010. - № 4. — С. 28-31.
6. Долина Л. Ф. Практикум по очистке пылегазовых выбросов промышленных и аграрных предприятий. Учебное пособие. – Днепропетровск: Континент, 2019 – 253 с.
7. Другов Ю. С. Газохроматографический анализ загрязненного воздуха: Практическое руководство / Ю. С. Другов, А. А. Родин.- М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 528 с.
8. Забруднення атмосферного повітря міста, ризик для населення / І. О. Черниченко, О. М. Литвиченко, Я. В. Першегуба [та ін.] // Гігієна населених місць. – № 51. – 2018. – С. 151–159.
9. Зеркалов Д. В. Екологічна безпека: управління, моніторинг, контроль [Текст] / Д. В. Зеркалов – Навчальний посібник. – К.: КНТ, Дакор, Основа, 2007. – 412 с.
10. Клименко М. О. Моніторинг довкілля / М. О. Клименко. — К.: Видавничий центр «Академія», 2006. — 360 с.

11. Косовец, А. А. Некоторые вопросы состояния загрязнения атмосферного воздуха на территории Украины [Текст] / А. А. Косовец, И. А. Колесник // Экология и промышленность. – Харьков: Энергосталь. – 2018. – № 1(14). – С. 19-23.
12. Котлер В.Р. Чугаєва О.М. Технологічне нормування викидів забруднюючих речовин в атмосферу для підприємств теплової енергетики//Охорона навколишнього середовища та природокористування, 2019, N1.13-18 с.
13. Мейбалиев М. Г. Состояние здоровья населения промышленных городов в связи с загрязнением атмосферного воздуха // Гигиена и санитария. 2010. - № 6.-С. 31-34.
14. Мельник, Л. Г. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підруч. [Текст] / Л. Г. Мельник, М. К. Шапочка – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759с.
15. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря», затв. Наказом МОЗ України від 13.04.2007 р. №184.
16. Новожилова Л.Л, Росляков П.В, Єгорова Л.Є. Організація моніторингу шкідливих викидів із димових труб ТЕС на основі чисельних досліджень//Вісник МЕІ, 2018, N4.С.28-35.
17. Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря: МР2.2.12-142-2007. – Офіц. вид. – К. : Міністерство охорони здоров'я України, Державна санітарно-епідеміологічна служба, 2007. – 39 с.
18. Сулейманов, И. Ф., Маврин, Г. В., Харлямов, Д. А., 2011. Применение расчетного мониторинга для оценки загрязнения атмосферы городской среды. Научно-технический вестник Поволжья. #2. 2011г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, – С.107-111.

19. Сухая очистка дымовых газов ТЭС и котельных от оксидов серы: методические указания по расчету основных технико-экономических показателей. ГКД 34.09.452-95. Киев: Минэнерго Украины, 1995.
20. Турбина Е. С. Влияние загрязнения атмосферного воздуха взвешенными веществами на состояние здоровья// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 12, № 1(7). 2010. С.1710-1714.
21. Ходаков Ю.С. Нові та вдосконалені технології очищення димових газів ТЕС//Екологія та промисловість, 2015, N2.С.26-29.
22. Шкуро В. В. Еколого-гігієнічні проблеми сучасного урбанізованого міського середовища // Екологічний вісник. – 2006. – № 1. – С. 12–16.
23. Экология города: Учебник/Под ред. Ф. В. Стольберга. – К.: Либра, 2000. – 464с.
24. Юшин В.В. Лапін В.Л. Попов В.М. Кукін П.П. Сердюк Н.І. та ін. Техніка та технологія захисту повітряного середовища. Вид.2-е, дод. М. Вища школа, 2018. 399с.
25. <https://teploenergetik.kr.ua/> Офіційний сайт ТОВ Теплоенергоцентр м Кропивницький
26. Закон України «Про охорону атмосферного повітря» 1992 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2707-12#Text>
27. Закон України «Про житлово-комунальні послуги» 2018 р. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2189-19#Text>
28. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий ОНД-86 <https://docs.cntd.ru/document/1200000112>
29. Скруббер Вентури <https://gas-cleaning.ru/article/skrubber-venturi-princip-raboty-harakteristiki-preimushchestva-i-nedostatki>