

Вінницький національний технічний університет

Інститут екології та екологічної кібернетики

Кафедра екології та екологічної безпеки

## Пояснювальна записка

до магістерської кваліфікаційної роботи

\_\_\_\_\_ магістр \_\_\_\_\_

на тему “ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ  
КОМУНАЛЬНОГО ПІДПРИЄМСТВА ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ  
«ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО»”

Виконала: студентка 2 курсу, групи ЕКО-18м  
спеціальності 101 – "Екологія"

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

\_\_\_\_\_ Прадівляна А.С. \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Керівник к.х.н., ст. викладач Сидорук Т.І.

(прізвище та ініціали)

Рецензент к.т.н., доцент Гордієнко О. О.

(прізвище та ініціали)

Вінниця – 2019 року

## ЗМІСТ

РЕФЕРАТ .....	4
ABSTRACT .....	5
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ .....	6
ВСТУП.....	7
1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ.....	10
1.1 Характеристика теплоенергетичної галузі України.....	10
1.2 Основні завдання теплоенергетичної галузі в економіці України .....	14
1.3 Характеристика та основні завдання теплопостачальних підприємств України .....	17
1.4 Вплив викидів з теплопостачальних підприємств на здоров'я населення 20	
1.5 Вплив діяльності теплоенергетичного комплексу на навколишнє середовище.....	23
1.6 Екологізація теплоенергетичної галузі України .....	26
1.7 Огляд методів очистки газопилових викидів від роботи котелень .....	29
2 ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО» НА СТАН ДОВКІЛЛЯ .....	39
2.1 Аналіз та основні відомості про підприємство КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО» .....	39
2.2 Характеристика підприємства як джерела забруднення довкілля .....	40
2.2.1 Огляд основних джерел утворення та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря .....	43
2.2.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря ..	46
2.3 Методи знешкодження та утилізації газопилових викидів на КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» .....	49
2.4 Вибір оптимального програмного середовища для розв'язання задачі ....	52
2.5 Алгоритм розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» .....	53
3 РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ НА ПРИКЛАДІ КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО» .....	60

3.1	Пріоритетні заходи зі зменшення обсягів споживання природного газу в теплоенергетиці на прикладі «Вінницяміськтеплоенерго» .....	60
3.2	Когенераційні установки у системі теплофікації .....	62
3.3	Метод «Омагнічення води».....	64
3.4	Використання сонячних панелей та вітроустановок .....	67
4	ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ .....	72
4.1	Економічні збитки КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» за забруднення навколишнього середовища .....	72
4.2	Розрахунок еколого-економічної доцільності впровадження ресурсозберігаючих заходів .....	75
5	РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО».....	80
	ВИСНОВКИ.....	84
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	85
	ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ .....	90
	ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ .....	92
	ДОДАТОК В РОЗРАХУНОК ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТАЦІЇ НІТРОГЕН (IV) ОКСИДУ .....	94
	ДОДАТОК Г РОЗРАХУНОК ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАРБОН (II) ОКСИДУ .....	95

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота : 95 с., 6 рис., 13 табл., 52 джерела.

В магістерській кваліфікаційній роботі наведено загальні відомості про вплив на навколишнє середовище комунального підприємства «Вінницяміськтеплоенерго». Охарактеризовано джерела забруднення довкілля підприємством. В роботі подано розрахунок доходу від запровадження ресурсозберігаючих заходів на підприємстві. Запропоновано практичні рекомендації від впровадження заходів екологічної безпеки для покращення стану навколишнього середовища від роботи підприємства.

**Метою роботи** є дослідження впливу шкідливих КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» у м. Вінниця на довкілля та розроблення рекомендацій для зменшення його негативного екологічного впливу.

**Об'єктом досліджень** є характеристики забруднення атмосферного повітря що надходять від роботи КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго», як джерела забруднення навколишнього середовища.

**Галузь застосування** – теплоенергетична промисловість України, КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго», державна екологічна інспекція у Вінницькій області.

**ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИЙ КОМПЛЕКС, ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ, ЗАБРУДНЮЮЧІ РЕЧОВИНИ, ДЖЕРЕЛА ВИКИДІВ, КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО», РОЗСІЮВАННЯ.**

## ABSTRACT

Master's qualification work: 95 p., 6 Fig., 13Table, 52sources.

The master's qualification work gives general information about the environmental impact of the utility enterprise "Vinnitsyamiskteploenergo". The sources of pollution of the enterprise are characterized. The paper presents the calculation of the income from the introduction of resource-saving measures at the enterprise. Practical recommendations on the implementation of environmental safety measures to improve the environmental performance of the enterprise are offered.

**The purpose** of the study is to investigate the environmental impact of the harmful KPP VMR "Vinnitsyamiskteploenergo" in Vinnitsa and to develop recommendations for reducing its negative environmental impact.

**The object** of research is the characteristics of atmospheric air pollution coming from the work of the KP VMR "Vinnitsyamiskteploenergo" as a source of environmental pollution.

**The application area** is the Ukrainian heat and power industry, the State Environmental Inspectorate in the Vinnytsia region.

THERMAL POWER COMPLEX, ENVIRONMENTAL IMPACT, POLLUTANTS, EMISSION SOURCES, VRM VINNYTSYMISTEPLOENERGO, SCATTERING.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АПК – агропромисловий комплекс

ВМР – Вінницька міська рада

ГДК – гранично допустима концентрація

ЕСФ – електростатичний фільтр

ЕРС – електрорушійна сила

ІТП – індивідуальні теплові пункти

ККД – коефіцієнт корисної дії

КП – комунальне підприємство

МТЕЦ –міні – теплоелектроцентрально

НС – навколишнє середовище

ПАТ – публічне акціонерне товариство

ПЕК – паливно – енергетичний комплекс

СЕС – сонячна електростанція

ТЕС – теплоелектростанція

ТЕЦ – теплоелектроцентрально

ТОВ – товариство з обмеженою відповідальністю

ТЕК – теплоенергетичний комплекс

ЦТП – центральні теплові пункти

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** Основу життя людини складає навколишнє природне середовище, а основу сучасної цивілізації – природні ресурси, з яких виробляється енергія. Електроенергетика є як основою розвитку всіх галузей народного господарства, так і джерелом антропогенного впливу на навколишнє середовище, що суттєво погіршує безпечні умови життєдіяльності в системі "людина – життєве середовище".

Теплоенергетичний комплекс – складна міжгалузева система видобутку і виробництва палива й енергії, транспортування, розподілу і використання. У його склад входять паливна промисловість і електроенергетика, яка тісно зв'язана з усіма галузями народного господарства. Основою сучасної енергетики України є теплові електростанції (ТЕС), які виробляють майже 70 % всієї електроенергії у нашій країні за рахунок спалювання органічного палива, а теплоелектроцентралі (ТЕЦ) – є основними виробниками тепла, які по ефективності використання палива сьогодні набагато поступаються західним.

В даний час підприємства гарячого водопостачання, тепло- та електропостачання – це комунальні підприємства, які займають значний сектор економіки України, основним завданням яких є – виробництво, транспортування, розподіл та реалізація теплової енергії усім групам споживачів. Робота комунальних підприємств теплопостачання негативно впливає на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу та літосферу. Їх вплив на навколишнє середовище залежить від кількісних та якісних характеристик відходів, що утворюються у послідовному технологічному ланцюгу роботи.

Щороку частка використання електроенергії для задоволення потреб комунальних підприємств тепло- та електропостачання, промисловості, сільського господарства зростає, а це в свою чергу призводить до подальшого інтенсивного збільшення різноманітних впливів шкідливих викидів забруднюючих речовин на всі компоненти навколишнього середовища у

глобальних масштабах. Крім того запаси вичерпних природних ресурсів, які є первинним джерелом енергії і виступають в якості палива, щорічно різко зменшуються. Тому, забезпечення сприятливих умов для проживання мешканців міст країни є основною актуальною проблемою, яка потребує зменшення шкідливих викидів у навколишнє середовище та прийняття шляхів вирішення даної екологічної проблеми.

**Мета і задачі дослідження.** Метою роботи є дослідження впливу КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» у м. Вінниця на довкілля та розроблення рекомендацій для зменшення його негативного екологічного впливу.

Для досягнення зазначеної мети необхідно було вирішити наступні задачі наукового дослідження:

- провести еколого-економічний аналіз діяльності даного комунального підприємства тепло- та енергопостачання, проаналізувати наявні на підприємстві природоохоронні технології, напрямки екологізації виробництва;

- здійснити розрахунок приземних концентрацій забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» з метою виявлення перевищень гранично-допустимих концентрацій (ГДК);

- обґрунтувати еколого-економічну доцільність впровадження природоохоронних та ресурсозберігаючих технологій на підприємстві;

- розробити практичні рекомендації по екологізації підприємства.

**Об'єкт дослідження:** процес забруднення довкілля КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» у м. Вінниця.

**Предмет дослідження:** екологічний вплив КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» на довкілля, практичні заходи по екологізації підприємства.

**Методи дослідження.** Механічні – для очищення вентиляційних та інших газопилових викидів від грубодисперсного пилу, за яких пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрованої сили.



### **Наукова новизна одержаних результатів.**

- вперше досліджено екологічний вплив КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» на довкілля;
- вперше запропоновано розраховувати приземні концентрації в атмосфері нітроген(IV) оксиду та карбон(II) оксиду із використанням методики, що дозволило отримати більш точні результати;
- удосконалено існуючий механічний метод очищення газопилових викидів шляхом введення сорбенту в електрофільтри;
- запропоновано заходи для підвищення екологічної безпеки діяльності комунальних підприємств тепло- та електропостачання та обґрунтовано їх еколого-економічну доцільність.

### **Практичне значення одержаних результатів.**

1. Впровадження методики по визначенню приземної концентрації нітроген(IV) оксиду та карбон(II) оксиду в газових викидах котелень дасть змогу більш точно визначити приземні концентрації цих речовин, коригувати їх викид, а значить, покращити екологічну ситуацію на території підприємства та прилеглих житлових забудов.

2. Розроблені рекомендації щодо підвищення екологічної безпеки діяльності КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» можуть бути використані при практичній роботі усіх комунальних підприємств тепло- та електропостачання.

**Апробація результатів дисертації.** Результати дисертаційної роботи представлялися і обговорювалися на щорічних науково-технічних конференціях Вінницького національного технічного університету.

**Публікації.** Основні результати дисертації опубліковані в 4 тезах доповідей науково-технічних конференцій в тому числі з міжнародною участю.

# 1 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ

## 1.1 Характеристика теплоенергетичної галузі України

Електроенергетика є однією з основних галузей економіки України. В порівнянні з іншими галузями промисловості вона працює найбільш стабільно, хоча за останні десять років випуск продукції зменшився на 1/3. Провідне місце у виробництві всієї електроенергії країни займають теплові електростанції (50% загального виробництва електроенергії), атомні (45%) і гідроелектростанції (5%) [1].

Сучасна теплоенергетична галузь – це складне підприємство, яке включає в себе велику кількість різного устаткування і будівельних конструкцій. На теплових електростанціях як первинне джерело енергії використовують органічне паливо: газ, вугілля, сланці, нафтовий мазут.

Теплоенергетика, як галузь народного господарства зародилася фактично в 20-му ст., більшу частину якого Україна входила до складу СРСР. На розвиток та розміщення господарства України важливу роль відіграли військово-політичні та ідеологічні фактори, а також економічні та природні. Це пояснюється тим, що теплоенергетика залежить від наявності природних ресурсів [2].

Фактори, які вплинули на структуру теплоенергетичного комплексу України:

1. Паливний фактор. Паливо-місткі підприємства розташовуються поблизу паливних баз, оскільки поглинають багато тепла. Тому ТЕС притягують до себе енергомісткі виробництва, адже передавати електричну енергію на великі відстані не вигідно через чималі втрати [3].

2. Фактор робочої сили. Останнім часом він все менше впливає на формування галузевої структури господарства, скоріш навпаки, структура

господарства визначає розміщення трудових ресурсів. Завдяки багатьом електростанціям були створені так звані міста супутники, в яких живуть в основному енергетики. Наприклад Бурштинська і Добротвірська ТЕС [4].

3. Споживчий фактор. Географія розміщення споживачів електроенергії суттєво впливає на структуру теплоенергетики. Якщо електричний струм ще можна передавати на великі відстані, то тепло від теплоцентралей не можна транспортувати далі ніж 30 км. Тому ТЕЦ споруджуються лише у великих містах.

4. Екологічний фактор. Цей фактор протягом багатьох років ігнорувався або мало враховувався. Основні екологічні проблеми сучасної Української теплоенергетики будуть розглянуті в цій роботі окремим пунктом [5].

В Україні налічується 12 теплових електростанцій, що забезпечують близько 30% вітчизняної енергогенерації. Діючі ТЕС, які функціонують в країні входять до складу таких енергетичних компаній: ПАТ «ДТЕК Дніпроенерго» (Криворізька, Придніпровська, Запорізька ТЕС); ПАТ «Донбасенерго» (Слов'янська ТЕС); ПАТ «ДТЕК Західенерго» (Бурштинська, Добротвірська, Ладжинська ТЕС); ПАТ «Центренерго» (Вуглегірська, Трипільська, Зміївська ТЕС); ТОВ «ДТЕК Східенерго» (Луганська, Курахівська ТЕС). На українському ринку теплової енергетики домінуючою є частка енергогенерації компанії ДТЕК, однак не слід розцінювати її як монополіста, оскільки вона функціонує в рамках єдиного енергоринку України, де її частка не є домінуючою [6].

Українські ТЕС умовно можна розділити на дві групи: перша – працюють на високо-реакційному паливі (вугілля газової групи, марок Д, ДГ, Г); друга – працюють на низько-реакційному паливі (антрацитове вугілля, марок П, ПС, А). Обсяг виробництва електроенергії підприємствами першої та другої групи характеризує загальний стан вітчизняної теплоенергетики. Показники виробництва електроенергії українських ТЕС наведено в таблиці 1.1 [7].

Таблиця 1.1 – Динаміка виробництва електроенергії українськими ТЕС (з 2015 по 2017 роки)

Рік	Виробництво електроенергії млн. кВт/год
2015	4 087,9
2016	5 882,8
2017	5 554,5

Наведені дані свідчать, що виробництво електроенергії з кожним роком зменшується. Однією з причин зменшення виробництва електроенергії є застаріле устаткування. Коефіцієнт використання палива у теплоенергетичній галузі (ККД) є невисоким і на сучасних теплоелектростанціях сягає 40%, а на ТЕС, які побудовані 30–40 років цей коефіцієнт не перевищує 30–35 %.

В останні роки в Україні як і у всьому світі спостерігається стійка тенденція збільшення використання в теплоенергетиці частки вугілля. Так, наприклад, в 2001р. на Україні доля вугілля в паливному балансі крупних ТЕС складала більше 60%, а в 1990р. – тільки 33% .

В паливному балансі приросту енергетичних потужностей країн світу (665 ГВт) вугілля буде забезпечувати 35%, газ – 21 %, мазут – 5 %. Вже сьогодні частка вугілля в паливному балансі Польщі складає 97%, Австралії – 85 %, США – 57 %.

На теплоелектростанціях України, загальна потужність яких складає 36,4 млн. кВт (68,8% сумарної встановленої потужності електростанцій), із 104 енергоблоків 96 працюють на вугільному паливі. Прогнозовані запаси вугілля в Україні (117,3 млрд. т) і зростаючі ціни на природний газ, що експортується з Росії, дають привід розглядати сучасну теплоенергетику як пріоритетну галузь, а вугілля – як основний первинний енергетичний ресурс. При цьому має місце погіршення якості вугілля. За останні 15-20 років зольність твердого палива зросла від 26 до 38%. Використання такого вугілля

для потреб енергетики, в умовах коли 62% пиловугільних потужностей ТЕС оснащена електрофільтрами, ефективність золоуловлювання ( $\eta$ ) яких складає 92-99%, 35% – мокрими золоуловлювачами ( $\eta=92-96\%$ ) і 3% – циклонами ( $\eta \leq 90\%$ ), призводить до того, що викиди золи в атмосферу складають більше 500 тис. т на рік.

Часто з метою економії палива теплові енергоблоки переводять у нерозрахований за проектом маневрений режим — тобто зупиняють під час нічного зниження споживання — «провалу» навантаження, а вдосвіта енергоблок запускають знову. Такі часті цикли «пуск-стоп» прискорюють зношеність обладнання, а також ведуть до збільшення питомих витрат палива на виробництво електроенергії і, як наслідок, до збільшення викидів в атмосферу [8].

Таким чином, збільшення частки вугільних ТЕС у системі енергозабезпечення України з одночасним погіршенням якості викопного органічного палива, яке використовується в енергетичній галузі, використання застарілого неефективного обладнання і технологій, збільшує кількість забруднюючих речовин, що надходять в навколишнє середовище. Нині понад 92% енергоблоків ТЕС відпрацювали свій розрахунковий ресурс (100 тис. годин), з яких майже 64% енергоблоків перетнули межу граничного ресурсу та межу фізичного зносу і потребують модернізації або заміни. Зазначені чинники призводять до перевитрат палива при виробництві електроенергії [9].

Однак система тепlopостачання в Україні досить розвинута. За останні 15 років вона скоротилась на 45%, переважно через скорочення обсягів матеріального виробництва. Структура теплоспоживання на сьогодні така: промисловість – 35,4%, житлово-комунальний сектор – 43,7%, інші сектори економіки – 20,9%. У країні працює близько 250 ТЕЦ, з них понад 200 – це дрібні відомчі промислові установки, які забезпечують 23% загального виробництва тепла. Найбільшими ТЕЦ в Україні є Київська-5 (700 МВт), Київська-6 (500), Харківська-5 (470). Розрізняють такі типи ТЕЦ: паротурбінні

з турбіною з протитиском і відпуском тепловим споживачам всієї або частини відпрацьованої в ній пари; паротурбінні з конденсаційною турбіною, яка має теплофікаційний відбір або відбори для відпуску пари тепловим споживачам; газотурбінні з використанням тепла вихлопних газів у котлі-утилізаторі або безпосередньо в технологічному процесі; дизельні з виробництвом високопотенційного тепла завдяки енергії вихлопних газів і низькопотенційного – із контурів охолодження двигуна; парогазові з використанням тепла вихлопних газів для виробництва пари, яка повністю або частково спрямовується в одну або декілька парових турбін.

У тепловому господарстві країни діє понад 100 тис. котелень різного призначення і складу котлів – пристроїв які призначені для одержання пари із тиском вище атмосферного або гарячої води за рахунок тепла, що виділяється при спалюванні палива. За призначенням котли поділяються на парові, що виробляють водяну пару необхідних параметрів, водогрійні, котли утилізатори і енерготехнологічні котли. Вони призначаються для енергетичних, виробничих, опалювально-виробничих і опалювальних котельних установок. За видом спалюваного органічного палива котли поділяються на ті, що спалюють тверде, рідке, газоподібне паливо, а також побутові відходи, дрова, біомасу. Основним паливом для котелень є вугілля (72-80%) та природний газ (52-58%). Частка рідкого палива становить 12-15%, вугілля – 27-36%. Значний обсяг теплоти виробляють індивідуальні (по квартирні) генератори (газові, рідинні, твердопаливні котли, побутові печі тощо) [10].

## 1.2 Основні завдання теплоенергетичної галузі в економіці України

Темпи росту ПЕК України за останні 10 років за всіма показниками не сприяли підвищенню електроємності національного прибутку і валового суспільного продукту. Високими темпами зростає потреба в різних видах

енергії і палива, хоча в основному використовуються нафта, природний газ, ядерне паливо і навіть вугілля.

У структурі промисловості України частка паливної промисловості складає 15% вартості основних фондів і майже 8% середньорічної чисельності промислово-виробничого персоналу. ПЕК дає 11% вартості промислової продукції України [11].

ТЕК (теплоенергетичний комплекс) – складна міжгалузева система видобутку і виробництва палива й енергії, транспортування, розподілу і використання. У його склад входять паливна промисловість (нафтова, газова, вугільна, сланцева, торф'яна) і електроенергетика, яка тісно пов'язана з усіма галузями господарства.

Проблема забезпечення української економіки енергоносіями – одна із самих хворобливих. Газ, нафту, вугілля і навіть електроенергію доводиться імпортувати. Щорічно на це витрачається близько 8 млрд. дол., а це 2/3 усього товарного експорту. Дефіцит енергоносіїв спричиняє важкі наслідки: недобір врожаю, систематичне відключення населених пунктів від електропостачання і т.д, тому на сучасному етапі економічного розвитку найважливіша проблема – це паливно-енергетична. Успішне її вирішення визначає можливості, темпи і напрямки економічного і соціального розвитку [12].

Протягом декількох останніх десятиліть теплоенергетиці в нашій країні не приділялося належної уваги. Ефективність використання палива практично у всіх теплоенергетичних установках значно нижче, ніж на Заході. Так, ККД енергоблоків, що виробляють електроенергію, на 7 – 10% нижче, ніж у США чи Німеччині. Сьогодні, як і до стрибка цін на паливо, ефективність виробництва електроенергії і теплоти поки залишається на колишньому рівні: ККД теплових електростанцій низькі 35 – 39% (у вугільних і того менше), енергія більшості органічних відходів промисловості і сільського господарства практично не використовується.

У результаті в Україні склалася незвичайна ситуація. З одного боку,

значний ріст цін на паливо, низька ефективність його використання створили могутній економічний стимул для впровадження нових енергозберігаючих технологій на практиці. З іншого, в ряді інститутів нагромадилося багато нових розробок, упровадження яких могло б істотно скоротити витрати палива в Україні. Сьогодні вільний ринок нових розробок у країні відсутній. Його, по суті, замінили своєрідним механізмом силового проштовхування яких-небудь розробок переважно за допомогою адміністративно-командної системи [3].

Подальше штучне ігнорування економічних стимулів розвитку теплоенергетики може серйозно підірвати енергетичну безпеку України. Головним пріоритетом у новій державній енергетичній політиці на даному етапі повинні стати проблеми теплоенергетики. Саме тут лежать більшість фінансових ресурсів, що можуть бути вивільнені за рахунок підвищення ефективності використання палива, основними з яких є:

1) Сьогодні теплоенергетичні установки України споживають у рік вугілля, мазуту і природного газу таку кількість, що еквівалентно 162 млн. тон. Це наносить Україні колосальний фінансовий збиток, оскільки паливо нам доводиться закупляти за міжнародними цінами. Корисної ж енергії ми одержуємо в 1,2 – 2 рази менше, ніж на Заході. Якби удалося хоча б на 1% підвищити ефективність використання палива українськими теплоенергетичними установками, то втрати можна було б скоротити на 100 млн. доларів США.

2) Якщо порівнювати питоме споживання енергії на одиницю виробничої продукції, то виявляється, що в Україні воно в 3-4 рази вище, ніж на подібних підприємствах у Західній Європі. Така велика різниця в енерговитратах свідчить не тільки про низьку ефективність української теплоенергетики, але і про наявність тут великих резервів для економії палива.

3) Сьогодні наші ТЕС по ефективності використання палива набагато поступаються західним. Ці електростанції несуть великий економічний і екологічний збиток: їм приходится працювати на низькосортних вугіллях,



зольність яких перевищує 35%, витратити на підсвічування багато мазуту і природного газу. Якби дану проблему можна було вирішити за рахунок використання дешевої і швидко реалізованої технології спалювання низькосортних видів вугілля, то для України відкрилися б великі додаткові фінансові ресурси.

4) Практично не використовуються органічні відходи промислового і сільськогосподарського виробництва (солома, тріска, побутове сміття, соняшникова лузга і т.д.). Застосування їх у теплоенергетичних установках дало б можливість істотно скоротити споживання таких дорогих видів палива, як вугілля, мазут і природний газ. Щорічно в Україні утворюється близько 40 млн. тон таких відходів. Якщо їх задіяти, то можна скоротити покупку природного газу на 1530 млрд. м<sup>3</sup> у рік.

5) В даний час в Україні мається велике число пробурених скважин. Видобуток теплоти з них допоміг би зберегти 12,6 млн. тон. Тим часом, і такий великий резерв економії палива практично не задіяний.

Отже, сьогодні теплоенергетичні задачі потрібно вирішувати не кількісно, а якісно. Не дивлячись ні на які обставини, пріоритет повинен бути наданий найбільш дешевим і швидко реалізованим науково – технічним методам [5].

### 1.3 Характеристика та основні завдання теплопостачальних підприємств України

В даний час підприємства комунальної форми власності займають значний сектор економіки України. Найбільший обсяг послуг цієї галузі народногосподарського комплексу припадає на підприємства теплопостачання та гарячого водопостачання. Характерними рисами господарської діяльності комунальних підприємств є:

– особливий підхід до ціноутворення послуг, що надаються, встановлення

єдиних тарифів;

- наявність субсидій, дотацій, цільового фінансування з боку держави та органів місцевого самоврядування;

- наявність значного обсягу дебіторської заборгованості за надані послуги (перш за все, бюджетних організацій і населення), в тому числі сумнівної та безнадійної;

- наявність значної кредиторської заборгованості перед постачальниками за споживані ресурси (газ, електроенергію і т.д.);

- особливий порядок оподаткування послуг за окремими категоріями замовників (касовий метод).

Зазначені риси є об'єктивними і, як наслідок, обумовлені неможливістю застосування кардинальних заходів (відключення від споживання послуг) у разі їх несвоєчасної оплати. Метою діяльності комунальних підприємств теплопостачання, відповідно до Статуту, є задоволення потреб населення, підприємств, установ і організацій, незалежно від форм власності, в якісній тепловій енергії за найменших витрат, одержання прибутку для розвитку підприємства, забезпечення інтересів його працівників та задоволення їх економічних і соціальних потреб [13].

Серед основних завдань підприємств, відповідно до мети, виділяються такі, як:

- виробництво, транспортування, розподіл та реалізація теплової енергії усім групам споживачів, контроль за раціональним споживанням теплової енергії;

- експлуатація теплових мереж, основного й допоміжного обладнання котелень, центральних та індивідуальних теплових пунктів, насосних станцій, будинків і споруд, а також будівництво нових об'єктів теплопостачання та теплорозподілу, теплових мереж і реконструкція існуючих об'єктів і теплових мереж;

- забезпечення надійної й безперебійної експлуатації теплових мереж,

енергетичного устаткування та споруд, проведення науково-технічної політики з урахуванням концепцій і пріоритетів раціонального енерговикористання;

– участь у реалізації національних, державних, міждержавних, міжгалузевих та галузевих науково-технічних програм, угод і планів тощо.

Відповідно до Статуту, комунальні підприємства надають багато послуг, однак найбільшими серед усіх є послуги щодо централізованого опалення та постачання гарячої води, а саме виробництво, транспортування й розподіл теплової енергії всім групам споживачів, підключених до централізованого тепlopостачання. Важливим напрямом діяльності комунальних підприємств теплоенергетичного комплексу також є участь у реалізації програм і проектів, спрямованих на підвищення економічної та соціальної ефективності діяльності [14].

Таким чином, підсумовуючи економічну діяльність, можна зазначити, що практично в усіх містах України, склалася система централізованого електро- і тепlopостачання на базі міських комунальних і районних електростанцій і котельних установок різного типу. Міські системи тепlopостачання мають свої відмінні риси, але їх поєднують такі спільні ознаки:

– граничне зношення основних фондів, обумовлене економічною кризою й неможливістю протягом тривалого часу відновлювати й модернізувати своє обладнання;

– використання морально застарілих котлів та іншого обладнання, малоефективної ізоляції теплотрас;

– порівняно високі витрати на транспорт теплової енергії;

– нераціональне використання теплової енергії споживачем, а точніше системами тепло споживання.

Технічний стан котелень і теплових мереж існуючої системи тепlopостачання характеризується значним фізичним зносом і моральною застарілістю. Значущою проблемою для підприємства є зношеність теплових мереж та обладнання. Сьогодні ці комунальні підприємства є заручником

систем теплопостачання, які були спроектовані й побудовані за радянських часів, в умовах зовсім іншої економічної ситуації, в умовах дешевих енергетичних ресурсів, дешевих матеріалів. Технічні рішення, які були прийнятні в період інтенсивного будівництва житлового фонду, активного розвитку промисловості і при цьому недорогих енергоресурсів і матеріалів, виявляються зовсім нераціональними в наш час. Крім того, економічна ситуація на сьогодні така, що, з одного боку, енергозбереження, а з іншого – побудова якісно нових відносин зі споживачами є абсолютним пріоритетом не просто для існування системи теплопостачання, але і для виживання підприємств теплоенергетичного комплексу в умовах економічної кризи. Для поліпшення діяльності комунальних підприємств теплоенергетичного комплексу в Україні доцільно вивчити і проаналізувати зарубіжний досвід, кращий з якого можна було б адаптувати в нашій країні. У контексті євроінтеграційних тенденцій для України особливо актуальний досвід саме європейських країн, тим більше, що в багатьох з них уже до кінця ХХ ст. було досягнуто значних успіхів у сфері організації та управління теплоенергетикою і теплопостачанням [15].

#### 1.4 Вплив викидів з теплопостачальних підприємств на здоров'я населення

В атмосферне повітря внаслідок роботи теплопостачальних підприємств надходять такі речовини: нітроген (IV) оксид, карбон (II) оксид, сульфур (IV) оксид, карбон (IV) оксид, нітроген (I) оксид, метан, зола. Ці речовини потрапляють в атмосферне повітря без перевищення ГДК. В разі перевищення норм ці речовини приносили негативний наслідок навколишньому середовищу та людині.

Токсикологічна характеристика даних речовин:

– Сульфур (IV) оксид,  $SO_2$  (сірчистий ангідрид або сірчистий газ) – безбарвний газ, що утворюється при згоранні сірковмісних видів палива (в першу чергу вугілля і важких фракцій нафти), а також при різних виробничих

процесах, наприклад плавці сульфідних руд.  $\text{SO}_2$  особливо шкідливий для дерев, він призводить до хлорозу (пожовтінню або знебарвленню листя) і карликовості. У людини цей газ дратує верхні дихальні шляхи, оскільки легко розчиняється в слизі гортані і трахеї. Постійна дія сірчистого газу може викликати захворювання дихальної системи, що нагадує бронхіт. Сам по собі цей газ не завдає істотного збитку здоров'ю населення, але в атмосфері реагує з водяною парою з утворенням вторинного забрудника – сульфатної кислоти. Краплі кислоти переносяться на значні відстані і, потрапляючи в легені, сильно їх руйнують. Найбільш небезпечна форма забруднення повітря спостерігається при реакції сірчистого ангідриду із завислими частками, що супроводжується утворенням солей сульфатної кислоти, які при диханні проникають в легені і там осідають. Токсична дія може виявлятися вже в малих концентраціях ( $20\text{-}30\text{ мг/м}^3$ ) і створює неприємний смак у роті, дратує слизові оболонки очей і дихальних шляхів, знижує опірність до респіраторних захворювань. При впливі на організм подразнює верхні дихальні шляхи, викликаючи запалення слизових оболонок носоглотки, бронхів. Високі концентрації сульфур оксиду в повітрі викликають у людини задишку, можуть призвести до втрати свідомості. При наданні першої медичної допомоги, постраждалого слід винести на свіже повітря, провести інгаляцію киснем, промивання очей і носоглотки 2% розчином питної соди. Дегазують (зnezаражують) його лугами, аміаком, гашеним вапном [16].

– Карбон (II) оксид, CO (чадний газ) – не має кольору та запаху і є одним з найпоширеніших забруднювачів повітря. Основні техногенні джерела – теплові електростанції та транспорт. При концентрації в повітрі більше 1%, CO негативно впливає на рослини, тварини, людину, понад 4% – спричинює смерть. Токсичність для людини полягає в тому, що, потрапляючи в кров, він позбавляє еритроцити (червоні кров'яні тільця) здатності транспортувати кисень, настає киснєве голодування, задуху, запаморочення й навіть смерть. Він спричинює розлад серцево-судинної системи, а також сприяє розвитку

атеросклерозу. У рослин призводить до пошкодження листя, пагонів.

– Оксиди нітрогену. В атмосферу викидається в основному нітроген (IV) оксид  $\text{NO}_2$  – безбарвний отруйний газ, що не має запаху, дратівливо діє на органи дихання. Особливо небезпечні оксиди нітрогену в містах, де вони взаємодіють з вихлопними газами, де утворюють фотохімічний туман – смог. Отруєне оксидами нітрогену повітря викликає легкий кашель. При підвищенні концентрації оксидів нітрогену, виникає сильний кашель, блювота, іноді головна біль. При контактi з вологою поверхнею слизистої оболонки оксиди нітрогену утворюють кислоти  $\text{HNO}_3$  і  $\text{HNO}_2$ , які приводять до набряку легень.

– Метан,  $\text{CH}_4$  – це газ, який при кімнатній температурі, нормальної вологості і атмосферному тиску не має запаху і кольору, погано розчиняється у воді. Речовина не токсична. В умовах закритого простору накопичується і стає вибухонебезпечним. Метан – це другий за значимістю і кількістю в атмосфері парниковий газ після вуглекислого. Він виробляється в умовах відсутності кисню (в ґрунті, болоті), виділяється в процесі життєдіяльності мікроорганізмів. Метан в невеликих концентраціях надає наркотичну дію. Він впливає за принципом анестезуючих препаратів – знижується чутливість і показники артеріального тиску. Спостерігається незначна збудливість. Потім шкідливість метану проявляється розладами вегетативної нервової системи:

Рефлекторна регуляція серця – кількість скорочень серця різко знижується до 4 – 8 ударів в хвилину. Це пов'язано з пригніченням імпульсів блукаючого і трійчастого нервів. Ускладнення симптому – стійка брадикардія, порушення ритмічних серцевих скорочень (асистолія).

Гіпотонія – стабільне зниження артеріального тиску, постійна сонливість, фізична слабкість, млявість і розбитість, блідість шкірних покривів, задишка, що підсилюється при русі. На тлі розвитку гіпотонії у потерпілого трапляється непритомність, особливо коли людина знаходиться довгий час у вертикальному положенні (в задушливому транспорті або приміщенні) [17].

## 1.5 Вплив діяльності теплоенергетичного комплексу на навколишнє середовище

Взаємодія енергетичного підприємства з навколишнім середовищем відбувається на всіх стадіях добування та використання палива, перетворення та передачі енергії. Основним видом палива для українських ТЕС є вугілля (97,5 %). На частку ТЕС припадає біля 30 % всіх викидів, що пов'язано з екологічними аспектами спалювання органічного палива.

Вплив енергетики на довкілля має двоякий характер: по-перше, енергетика – споживач природних ресурсів (кисень, вода, вичерпне паливо, земельні площі); по-друге, енергетика – джерело шкідливих відходів, радіаційного і електромагнітного випромінювання, одна з причин парникового ефекту [18].

Процес виробництва теплової та електричної енергії можна розділити умовно на такі типові технологічні процеси:

- подрібнення вугілля в млинах до необхідних розмірів;
- спалювання підготовленого вугілля в котельному агрегаті з втратою теплоти з димовими газами;
- отримання перегрітої водяної пари завдяки нагріву спеціально підготовленої води в котлах;
- розширення перегрітої водяної пари (робочого тіла) у паровій турбіні з виробленням певної кількості механічної енергії;
- генерування електричної енергії електричним генератором турбіни [19].

Найбільший вплив на довкілля здійснюється на етапі спалювання органічного палива. При спалюванні вугілля в котельних агрегатах (ТЕС, ТЕЦ, промислових печах та котельнях) в атмосферу надходить велика кількість токсичних речовин, до яких відносяться:

- тверді частинки – пил, зола, сажа, та інші дуже токсичні домішки – берилій, миш'як, селен, ванадій, кадмій, ртуть, важкі метали і природні радіонукліди;

– шкідливі гази – оксиди сульфуру ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ), оксиди нітрогену ( $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ), оксид карбону ( $\text{CO}$ );

– оксиди деяких важких металів, що можуть знаходитись у вхідній сировині.

Під час роботи теплоенергетичних установок питомі об'єми перерахованих вище викидів залежать від типу палива і потужності енергетичного об'єкта. В таблиці 1.2 наведено усереднені дані за показником забруднення атмосфери ТЕС, з якої видно, що найбільш екологічно чистим видом енергетичного палива є природний газ. Це пояснюється не лише властивостями самого палива, а й особливостями процесів його спалювання [20].

Таблиця 1.2 – Питомі забрудники атмосфери (г/кВт·г) при згорянні органічного палива за даними Міжнародного інституту прикладного системного аналізу (м. Відень)

Викиди	Вид палива			
	кам'яне вугілля	буре вугілля	мазут	природний газ
$\text{SO}_2$	6,0	7,7	7,4	0,002
Оксиди нітрогену	21,0	3,4	2,4	1,9
Тверді частинки	1,4	2,7	0,7	-
Фтористі сполуки	0,05	1,11	0,004	-

Добові концентрації шкідливих викидів в атмосферу, які надходять разом з димовими газами залежать від потужності ТЕС, висоти димової труби та



відстані між точкою виміру і ТЕС. На сьогодні усі шкідливі викиди є регламентованими за показниками ГДК у вигляді максимально разових і середньодобових значень (таблиця 1.3) [4].

Таблиця 1.3 – ГДК основних забруднювачів атмосферного повітря

Назва забруднюючої речовини	Гранично допустимі концентрації, мг/м <sup>3</sup>		Клас небезпеки
	Максимально разова	Середньодобова	
Нітроген (IV) оксид NO <sub>2</sub>	0,085	0,042	2
Нітроген (II) оксид NO	0,4	0,06	2
Зола ТЕС	0,5	0,15	2
Сажа, кіпоть	0,15	0,05	3
Сульфур (IV) оксид SO <sub>2</sub>	0,5	0,05	3
Карбон (II) оксид CO	3,0	1,0	4
Пил вугільний	0,5	0,15	3

Серед наведених в таблиці 1.3 характеристик видно, що найбільш небезпечним забруднювачем є нітроген (IV) оксид.

Основними причинами, що призводять до катастрофічного стану довкілля є:

- використання низькосортного палива;
- застаріла технологія виробництва та обладнання;
- висока енерго- та матеріаломісткість;

- високий рівень концентрації промислових об'єктів;
- несприятлива структура промислового виробництва з високою концентрацією екологічно небезпечних технологій виробництва;
- відсутність належних природоохоронних систем (очисних споруд, оборотних систем водозабезпечення тощо) та низький рівень експлуатації існуючих природоохоронних об'єктів;
- відсутність належного правового та економічного механізмів, які стимулювали б розвиток екологічно безпечних технологій та природоохоронних систем;
- відсутність належного контролю за охороною довкілля [21].

## 1.6 Екологізація теплоенергетичної галузі України

Українська енергетика, яку уособлюють галузі паливно-енергетичного комплексу чинить небезпечний і постійно діючий вплив на довкілля як у локальному, так і регіональному масштабі.

У загальному обсязі шкідливих викидів України в атмосферне повітря на підприємства ПЕК припадає більш ніж 85% всіх викидів  $SO_2$  та летких органічних сполук, більше 63% всіх твердих викидів та біля 50 % викидів оксидів карбону та нітрогену. Половина таких викидів утворюється тепловими електростанціями та котельнями. На долю ПЕК також припадає біля 30% всіх забруднюючих промислових скидів країни, з яких 28% утворюється у вугільній промисловості.

До основних екологічних проблем енергетики належать значна зношеність основних фондів і очисних споруд ( в окремих підприємствах до 90%), недостатнє фінансування екологічних заходів, надмірна (у 3 – 3,5 разів вища, ніж у розвинутих країнах світу) енергоємність продукції та послуг, майже повна відсутність економічних і організаційно-правових стимулів природоохоронної діяльності.

Розв'язання цих проблем потребує здійснення наступних завдань:

- 1) підвищення енергоефективності виробництва;
- 2) розвиток альтернативної енергетики;
- 3) запровадження в енергетиці сучасних технологій та інноваційних проектів, які забезпечать зменшення викидів забруднюючих речовин, збільшення обсягів теплової та електричної енергії;
- 4) максимальне використання можливостей розроблених в рамках Кіотського протоколу програм і заходів з торгівлі квотами та програм спільного впровадження технологій, направлених на зменшення викидів в атмосферу кліматично небезпечних парникових газів.

Для зменшення забруднення довкілля підприємствами теплоенергетичної галузі державою застосовуються як адміністративні, так і економічні методи регулювання. Актуальним на сьогодні є паливна політика, модернізація і реконструкція газоочисного обладнання, зниження витрат при передачі енергії споживачам.

Досвід деяких теплоелектростанцій України показує, що навіть без реконструкції ТЕС, тільки за рахунок зміни паливної політики можна досягти значного скорочення викидів забруднюючих речовин. На одній із ТЕС України перехід на спалювання вугілля, яке надходило на ТЕС після попереднього збагачення, забезпечило зниження питомих викидів  $\text{SO}_2$  на 32-37%. При цьому питомих викидів твердих частинок знизився на 35-40% [16].

Основні заходи щодо вирішення поставлених завдань описуються у стратегії сталого розвитку. Згідно якої передбачається:

- 1) підтримка раціональної утилізації енергетичних ресурсів через досягнення більшого збереження на основі стратегії розвитку енергетики до 2030 року та цільових програми розвитку енергетики;
- 2) стимулювання проведення капітальних ремонтів і технічного обслуговування промислових і комунальних котелень у секторі теплопостачання з метою скорочення втрат енергії до 30% до 2020 року;

- 3) оснащення вугільних ТЕС ефективними електрофільтрами;
- 4) стимулювання впровадження сучасних енергозберігаючих технологій з високою ефективністю і низькими викидами в довкілля [21].

Сьогодні рівень шкідливих викидів на ТЕС України в цілому перевищує нормативи ЄС у 5-30 разів, а також часто перевищує й діючі національні нормативи. ТЕС та ТЕЦ відповідальні за 80% загального обсягу викидів оксидів сульфуру в Україні та 25% оксидів нітрогену.

На багатьох ТЕС України викиди твердих частинок золи, що утворюються при спалюванні вугілля, вище нормативів ЄС в 20-34 рази. За обсягами викидів забруднюючих речовин теплова електроенергетика перевищує будь-яку іншу галузь промисловості. ТЕС є найбільш діючими джерелами викидів в атмосферу продуктів згоряння палива та скидів стічних вод, які є причиною хімічного та термічного забруднення водоймищ [22].

Для покращення стану довкілля та зменшення викидів забруднюючих речовин, які утворюються в результаті роботи ТЕС необхідно здійснити наступне:

- 1) провести заміну твердого палива на газ;
- 2) розробити план утилізації відходів ТЕС;
- 3) збільшити енергоефективність виробництва та впровадження політики максимального енерго- та ресурсозбереження в енергетиці та галузях споживаючих енергію і енергоносії;
- 4) запровадити сучасні газоочисні технології;
- 5) провести реформування паливно-енергетичної галузі;
- 6) поширювати використання альтернативних джерел енергії;
- 7) розробити стратегію виведення застарілих енергоблоків з експлуатації [23].

Одним із найбільш ефективних шляхів модернізації є запровадження нових комбінованих газопарових турбін, що забезпечують максимальний ККД і високу маневреність. Для України цей напрям є перспективним, оскільки національними

виробниками (ОАО "Турбоатом", "Мотор-Січ" і НПП "Машпроект") виробляється газотурбінне устаткування, яке відповідає всім сучасним вимогам [24].

Підсумовуючи вище зазначене треба підкреслити, що вирішуючи задачу зменшення утворення шкідливих речовин в джерелі виникнення можна паралельно досягнути підвищення ефективності технологічного процесу.

### 1.7 Огляд методів очистки газопилових викидів від роботи котелень

Для зменшення викидів забруднюючих речовин з підприємств теплоенергетичної галузі застосовують різні методи очищення. Заходи щодо охорони атмосферного повітря внаслідок діяльності ТЕС зображено рис. 1.1

Технологічні заходи	Планувальні заходи	Санітарно-технічні заходи	Законодавчі заходи
<ul style="list-style-type: none"> <li>•Заміна виробництва шкідливих речовин на нешкідливі</li> <li>•Очищення сировини від шкідливих домішок</li> <li>•Заміна перервних процесів на неперервні</li> <li>•Раціоналізація процесів спалювання</li> <li>•Заміна димного палива на бездимне</li> <li>•Заміна сухих способів переробки</li> <li>•Рекуперація цнних викидів та їх використання</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Зонування території міста</li> <li>•Організація санітарно-захисних зон</li> <li>•Правильне планування житлових мікрорайонів</li> <li>•Озеленення населених місць</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Очищення викидів</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>•Стандарти на сировину</li> <li>•Розробки для атмосферного повітря</li> <li>•Стандарти на емісію</li> </ul>

Рисунок 1.1 – Заходи з охорони атмосферного повітря

З метою зменшення забруднення атмосферного повітря внаслідок роботи теплоенергетичного комплексу розглядають можливість зміни сировини, палива, технічного обладнання та ін. Усі методи можна розділити на три групи: механічні, фізико-хімічні та хімічні. Вибір методу очищення залежить від кількості вихідних газів, їх складу та фізико-хімічних властивостей. Найпоширеніші методи очищення газів зображено на рис. 1.2.

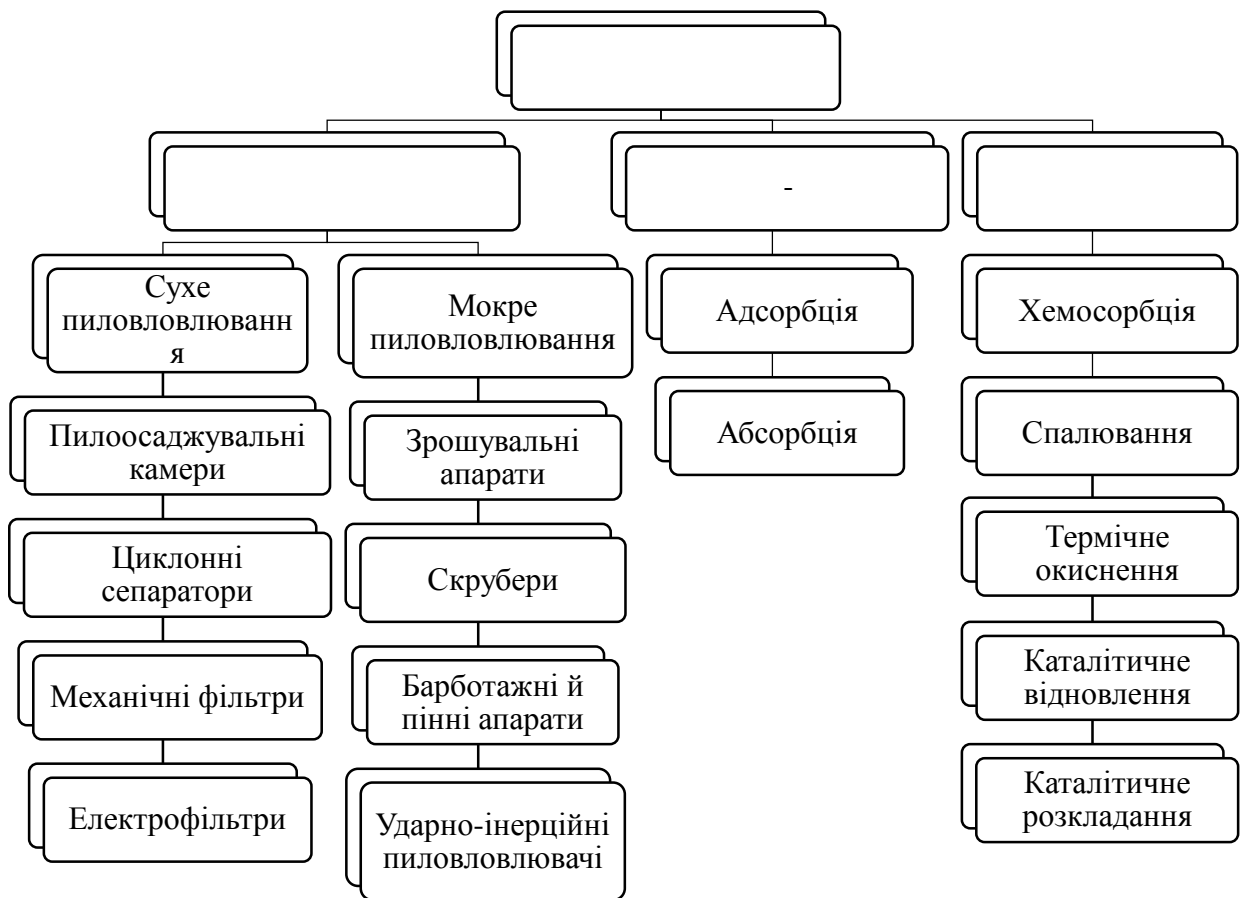


Рисунок 1.2 – Методи очищення газодимових викидів

Механічні методи застосовують для очищення вентиляційних та інших газових викидів від грубо дисперсного пилу, за яких пил відокремлюється під дією сили гравітації, інерції або відцентрованої сили. При виборі системи пиловловлювання, потрібно брати до уваги швидкість газового потоку, вміст пилу, розмір часточок і наявність водяної пари. Пиловловлювання поділяється на сухе та мокре. Більш досконаліми з екологічної точки зору є сухі

пиловловлювачі, які дають змогу повернути у виробництво вловлений пи́л. Сухе пиловловлювання здійснюють в осаджувальних камерах, циклонних сепараторах, механічних та електричних фільтрах. Гази з грубодисперсними часточками пилу від 50 до 500мкм і більше очищають в пилоосаджувальній камері.

До фізико-хімічних методів очищення газових викидів належать абсорбція і адсорбція. Абсорбція – це процес хімічного осадження або зв'язування забруднюючих речовин під час пропускання очищуваного газу крізь рідкий поглинач. Апарати в яких відбувається процес абсорбції називаються абсорбери. Абсорбцію застосовують для вилучення парової фази, неконденсованих викидів і запахів. Очищуваний газ і абсорбувальна рідина у даних апаратах рухаються назустріч один одному. Ефективність очищення даним методом становить 90-95%. Шлами після очищення можна використовувати для подальшого перероблення. Абсорбери бувають різних типів конструкції. Найпоширеніші з них: плівкові, насадкові та трубчасті.

Адсорбційний метод – це сорбція газуватих речовин на поверхні або в об'ємі мікропор твердого тіла. Адсорбент – тверда речовина, на поверхні або в об'ємі пор на якій концентруються очищувані речовини. Як адсорбент найчастіше використовують активоване вугілля, силікагель та глини, що мають велику поверхню. Адсорбер – апарат в якому відбувається процес адсорбції. Адсорбцією на активованому вугіллі очищують гази від гідрогенсульфіду, на силікагелі – газові викиди від оксидів нітрогену. Даний метод широко застосовується для очищення газів від багатьох шкідливих домішок з неприємним запахом.

Хімічні методи очищення газів засновані на хімічному зв'язуванні шкідливих забруднюючих речовин. Поширеним хімічним методом очищення є хемосорбція – очищуваний газ промивають розчином із речовин, що реагують з домішками. Спалювання застосовують у тому випадку, коли необхідно знешкодити горючі вуглеводні, які не використовуються у виробництві. Якщо

концентрація горючих речовин недостатня для горіння, застосовують термічне окиснення, при якому очищений газ спалюють у полум'ї пальника [25].

Для зменшення викидів сульфур (IV) оксиду на підприємствах теплоенергетичної галузі застосовують метод, який ґрунтується на введенні сорбенту. За даним способом розглядають три варіанти: введення сорбенту в котел; введення сорбенту в електрофільтри; введення сорбенту в скрубери.

Введення сорбенту в котел – спосіб, для застосування якого використовують вапняк в якості сорбенту. Процес дегідратації проходить на першій стадії, яка характеризується введенням в котел гідратного гашеного вапна і час якої становить біля 0.1 с. Тільки при введенні частинок негашеного вапна процес сухого сіркоочищення починається зразу ж після нагріву частинок сорбенту. Ефективність уловлювання  $SO_2$  при використанні сорбенту в котел складає 40-60 %, в залежності від співвідношення Ca/S, точок введення сорбенту, навантаження котла.

Цей метод відрізняється великою надійністю і малим енергоспоживанням (0,01-0,5 % електричної потужності), на виході отримуються тільки сухі субпродукти (сульфати і сульфіти кальцію, а також невикористане вапно), які мають уловлюватися системами зололовлювання.

Недолік цього способу – сорбент вводиться в котел і тим самим збільшується кількість твердих нейтральних частинок у димових газах, знижується коефіцієнт корисної дії.

Введення сорбенту в електрофільтри. Використання цього варіанту передбачає встановлення "мокрого" ступеня електрофільтрів – отримання вапняного "молока" із подальшим введенням його через напірний бак і спеціальні форсунки в камеру електрофільтрів – скрубера з подальшим уловленням продуктів реакції в "мокрому" полі електрофільтрів (реакція проходить в об'ємі газового потоку і на осаджувальних електродах). Ефективність даного методу залежить від часу реагування  $SO_2$  та сорбенту, кількості сорбенту і може досягати рівня 60-70 %. Після введення сорбенту в



камеру електрофільтра починається реакція, при якій відбувається регулювання процесу очищення, подачею сорбенту в камеру золоочисної установки і можливість розділити процеси на окремі стадії, які не пов'язані між собою: роботу котлоагрегату та сухих електрофільтрів без введення сторонніх компонентів; забезпечення сіркоочищення безпосередньо в скруберах та мокрих електрофільтрах; виключення попадання вологи в сухі електрофільтри; підвищений ступінь очищення двоступеневою установкою при вловлюванні твердих частинок.

Недоліком цього способу очищення є складність рівномірного розподілу вологи і сорбенту по великому перерізу електрофільтрів, необхідність перекачування додаткової оборотної води та встановлення додаткового концентратора для вилучення вловленого продукту з рідкої фази та його реалізації.

Введення сорбенту в скрубери – передбачає встановлення після електрофільтрів мокрих скрубєрів із коагуляторами (трубами) Вентурі. Процес здійснюється шляхом отримання на спеціальній мішалці вапняного "молока" із подальшим введенням його через напірний бак у краплєвловлювачі (реакція проходить на стінках скрубєрів) та в сопла труб Вентурі (реакція проходить в об'ємі газового потоку). Ефективність даного методу – 60-70 %. Реакція починається зразу після введення сорбенту в елементи скрубєру. Порожнистий форсунковий скрубєр – циліндрична башта, яка виготовлена з металу, цегли чи залізобетону. Скрубєри працюють за принципом протитечії: газ рухається знизу вгору, а поглинальна рідина розпилюється форсунками згори вниз.

Недоліками методу є підвищення гідравлічного опору установки приблизно на 120-160 мм рт. ст., необхідність встановлення більш потужних димососів, перекачування додаткової оборотної води. Уловлений продукт отримується в рідкій фазі, і для його реалізації потрібен додатковий концентратор.

Оцінюючи ці варіанти, слід відзначити, що при однаковій ефективності

сіркоочищення, з точки зору експлуатаційних витрат, перевагу слід віддати другому способу [26].

Найпоширеніші методи зменшення викидів нітроген (IV) оксиду – лужний та каталітичний. Лужні методи базуються на взаємодії оксидів нітрогену з водними розчинами лугів. Внаслідок взаємодії утворюються солі нітратної та нітритної кислоти. Внаслідок цього лужні методи є економічно доцільними. Очистку промислових газів проводять в апаратах насадкового або барботажного типу. Недоліком лужних методів очистки газів від оксидів нітрогену є низький ступінь очистки газів, яка не відповідає санітарним вимогам викидів оксидів нітрогену в атмосферу.

Каталітичний метод є найефективнішим способом знезараження оксидів нітрогену. Процес відновлення проходить на поверхні каталізатора в присутності газу – відновника. Каталізаторами є сплави металів платинової групи та перехідних металів. Ефективність процесу каталітичного відновлення оксидів нітрогену визначається активністю каталізатора. Найвищою каталітичною активністю володіють каталізатори на основі платини, радію та паладію, вміст яких в каталізаторах (на основі  $Al_2O_3$ ) є в межах 0,1 – 2,0%. Ці каталізатори забезпечують високу ступінь очистки газу – залишковий вміст оксидів нітрогену в газі не перевищує  $5 \times 10^{-5}\%$  [26].

Один з найдосконаліших видів очищення газів від завислих частинок пилу і туману є електричне очищення. Апарати для очищення газів під дією електричних сил називаються електричними фільтрами.

За розміщенням зон зарядки і осаджування електрофільтри поділяються на однозонні та двозонні. В однозонних зони зарядки і осадження суміщені, а в двозонних зарядка проходить в іонізаторі, а осаджування – в осаджувачі. Двозонні апарати отримали розповсюдження для очищення повітря, яке поступає в лабораторії і цехи, вміст пилу в яких суворо регламентується [27].

Електростатичні фільтри (ЕСФ) – найбільш розповсюджені пилоочисні апарати на вітчизняних ТЕС, які забезпечують високий ступінь очищення газів

при певних умовах експлуатації, а саме – низькій швидкості газового потоку, відносно крупних розмірів частинок пилу, оптимальному питомому опору, оптимальному режимі струшування електродів, відсутності вторинного виносу і т.д.

Навіть незначні зміни одного з вище названих параметрів процесу призводить до зниження ефективності роботи фільтрів. Негативний вплив на ККД ЕСФ чинить також нерівномірність концентрації твердих частинок по перерізу фільтра на ТЕС. Реальний ККД існуючих ЕСФ на ТЕС України знаходиться в межах 90-98%, що з урахуванням реальної запиленості газів на вході пиловловлюючої установки не дозволяє забезпечити європейські стандарти.

В закордонній практиці для очищення газів, які викидаються ТЕС, широко застосовуються рукавні фільтри, що зумовлено високими техніко-економічними показниками їх роботи ( $\eta=99,9\%$ ) [28].

Застосування рукавних фільтрів дозволяє проводити очищення газів від дрібнодисперсної фракції легкої золи і від деяких хімічних компонентів, зокрема, від оксидів сірки. Температурна стійкість сучасних тканин, що широко використовуються в рукавних фільтрах для очищення газів в теплоенергетиці коливається в межах 100-280 °С. Спеціальна обробка тканин надає матеріалу хімічну стійкість. Стійкість фільтрувальних елементів при правильно підібраних матеріалах зберігається до 5 років [29].

Для зменшення викидів продуктів повного згорання палива на котельнях необхідно:

- 1) підвищувати ККД обладнання, тобто виробляти теплоту за рахунок спалювання меншої кількості палива;
- 2) зменшувати металоємкість та габарити обладнання, що дозволить економити паливо в процесі виробництва матеріалів та монтажу обладнання;
- 3) використовувати менш енергоємні матеріали для виробництва обладнання та монтажних робіт.

Програми та заходи по зменшенню шкідливих викидів при спалюванні палива не є збитковими. Оскільки забруднення повітря погіршує стан здоров'я людей, їхню продуктивність праці, отруєє рослини, особливо фруктови, пришвидшує корозію металевих поверхонь в 10–20 разів.

Всі котли та інші паливоспалюючі установки, що сертифікуються в Україні, проходять перевірку по відповідності екологічних показників, в тому числі по концентрації викидів  $\text{NO}_x$  та  $\text{CO}$ .

Існує чотири основних способи зменшення шкідливих викидів:

- 1) очищення палива та окислювача від складових, що можуть утворювати шкідливі речовини;
- 2) мінімізація утворення шкідливих речовин;
- 3) випалювання шкідливих речовин;
- 4) очищення димових газів від шкідливих речовин, що утворилися під час спалювання палива.

Під час спалювання природного газу на перше місце виходять оксиди азоту  $\text{NO}_x$  ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ).

В атмосфері  $\text{NO}_2$  (газ червоного кольору) зменшує прозорість повітря та кількість ультрафіолетового випромінювання, що падає на Землю. Це призводить до виникнення „смогу”. Крім того, при наявності озону він окислюється до  $\text{NO}_3$  і може бути причиною „кислотних дощів” [30].

До основних методів зменшення утворення  $\text{NO}_x$  можна віднести методи, суть яких полягає у зменшенні температури в зоні горіння і концентрацій реагуючих речовин:

- рециркуляція охолоджених газів;
- двостадійне спалювання палива;
- зменшення коефіцієнта надлишку повітря в топці;
- подавання води або пари в зону горіння;
- перерозподіл теплової потужності між пальниками і вирівнювання температур в топці;

- встановлення двосвітних екранів в топці;
- використання проміжних випромінювачів в топці.

До основних методів очищення газів від  $\text{NO}_x$  відносять:

- аміачно-каталітичне очищення;
- введення аміаку в газохід з температурою 850–1200°C;
- окислення до  $\text{N}_2\text{O}_5$ , а потім розчинення в воді

При контакті з водяною парою в атмосфері  $\text{SO}_2$  та  $\text{SO}_3$  утворюють сірчану та сірчисту кислоту, що спричиняє погіршення здоров'я людини, зниження прозорості атмосфери, руйнування сталевих конструкцій, зменшення врожайності сільськогосподарських культур.

Найбільші викиди оксидів сірки присутні при спалюванні високосірчастого вугілля та мазутів. При роботі на природному газі вміст  $\text{SO}_2$  у відхідних газах незначний або взагалі відсутній.

Основні методи очищення палива від сполук сірки:

- поглинання  $\text{H}_2\text{S}$  оксидом заліза;
- введення присадок до палива;
- відбракування палив із вмістом сірки  $S^p > 1\%$ .

Для очищення продуктів згорання від  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$  використовують такі методи:

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

Зменшення викидів  $\text{CO}$  досягається покращенням сумішоутворення та рівномірним розподілом температур в топці. Слід відзначити, що більшість методів придушення утворення  $\text{NO}_x$  призводять до підвищення концентрації  $\text{CO}$  у відхідних газах. Винятком є методи вприскування води і пари, оскільки

введення додаткової кількості  $H_2O$  призводить до утворення надлишкових радикалів  $OH$  і покращення окислення  $CO$  [31].

Отже, у вирішенні екологізації підприємств теплоенергетики є створення екологічно безпечних ТЕС, які на даний час істотно впливають на НС. Для зменшення викидів забруднюючих речовин запроваджувати установки очистки газу, у вигляді рукавних та електростатичних фільтрів [26].

## 2 ОЦІНКА ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО» НА СТАН ДОВКІЛЛЯ

### 2.1 Аналіз та основні відомості про підприємство КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО»

Повна назва підприємства – Комунальне підприємство Вінницької міської Ради "Вінницяміськтеплоенерго". Значна частина міста Вінниця охоплена мережею системи централізованого тепlopостачання. Основна частка цієї системи належить підприємству КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго", є власністю міської громади м. Вінниці, підпорядковане Виконавчому комітету Вінницької міської Ради. КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» – природний монополіст в галузі тепlopостачання міста Вінниці. Основним продуктом (товаром) підприємства є теплова енергія. Ринок цієї продукції є стабільним на протязі багатьох років. Вироблене тепло реалізується місцевим споживачам, на потреби житлового сектору, підприємств та організацій державної та інших форм власності. Тривалість опалювального сезону складає близько 6 місяців, зазвичай з 15 жовтня по 15 квітня, решта часу вироблена теплова енергія використовується тільки на гаряче водопостачання. Головним органом, що координує роботу тепlopостачання міста з впровадження ефективного управління у сфері надання комунальних послуг; впровадженню енергозберігаючих технологій і обладнання є Департамент енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради. Підприємство очолює генеральний директор, який призначається на посаду міським головою з укладанням контракту [32].

КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» створене з метою виробництва і реалізації теплової та електричної енергії, інших видів діяльності, які не суперечать чинному законодавству. Предметом діяльності підприємства є виробництво, транспортування, постачання теплової енергії для потреб

населення, вентиляції та гарячого водопостачання об'єктів бюджетної сфери, житлового фонду та інших господарських об'єктів, що підключені до теплових мереж підприємства та мають з ним відповідні договори.

На сьогоднішній день на балансі КП "Вінницяміськтеплоенерго" знаходиться 40 котелень та одна ТЕЦ. З них, 20 котелень потужністю до 3 Гкал/год, 10 котелень потужністю від 3 до 20 Гкал/год, 4 котельні потужністю від 20 до 100 Гкал/год, 4 котельні потужністю 100Гкал/год і більше, дахових 3. Кількість котлів, що знаходяться на котельнях в експлуатації КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго" 121 шт., з них 18 модулів нагріву, які розташовані на дахових котельнях. Температурний графік найбільш потужних котелень – 110/70°C, решти – 95/70°C [32].

## 2.2 Характеристика підприємства як джерела забруднення довкілля

В результаті діяльності підприємство здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря. Основними джерелами викидів є: котельні, зварювальні та деревообробні дільниці, заточні верстати, пости зарядки акумуляторів.

Від джерел підприємства в атмосферне повітря надходять такі шкідливі речовини: карбон (II) оксид (CO), нітроген (IV) оксид (NO<sub>2</sub>), метан (CH<sub>4</sub>), сульфур (IV) оксид (SO<sub>2</sub>), речовини у вигляді суспендованих твердих частинок (зола), а також парниковий газ: нітроген (II) оксид (NO) [33], характеристики яких наведені в таблиці 2.1. Згідно діючого законодавства періодично проводиться інвентаризація викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від стаціонарних джерел викидів на «Вінницяміськтеплоенерго» [34].

КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго" експлуатує 203,0 км. теплових мереж. Більшість теплових мереж експлуатуються понад 15 років, а саме 117,8 км, з терміном експлуатації від 5 до 15 років майже 53,0 км, менше 5 років – 32,2км. Загалом аварійних теплових мереж – 140,3 км.



Таблиця 2.1 – Забруднюючі речовини, які викидаються на підприємстві КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго».

Речовина	ГДК мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Нітроген (IV) оксид (NO <sub>2</sub> )	0,085	2
Нітроген (I) оксид (N <sub>2</sub> O)	0,6	2
Зола ТЕС	0,5	2
Карбон (II) оксид (CO)	3,0	4
Метан (CH <sub>4</sub> )	50	-
Сульфур (IV) оксид (SO <sub>2</sub> )	0,5	3

КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго" використовують котельні, що використовують газ, багато з яких внаслідок морального та фізичного старіння мають низький коефіцієнт корисної дії. Температурний графік найбільш потужних котельних – 110/70°С, решти котельних – 95/70°С.

Автоматика безпеки наявна на всіх котельнях. Автоматичне регулювання співвідношення газ – повітря наявне у котлах типу Viessmann. Більшість котельних КП ВМР "Вінницяміськтеплоенерго" будувались більше 20 – 30 років назад. Тому в зв'язку зі зменшенням підключеного навантаження, що пов'язане з відключенням споживачів, насосна група завантажена не повністю.

Теплові мережі міста мають типову структуру. Магістральні та розподільчі мережі (до ЦТП) – це двотрубні теплопроводи діаметром від 150 до 530 мм, розподільчі мережі від ЦТП в основній своїй більшості – це чотири трубні теплопроводи діаметром від 50 до 200мм, а відгалуження до систем опалення окремих будинків, централізована система гарячого водопостачання – це двотрубні теплові мережі діаметром від 50 до 125 мм. Більшість теплових

мереж міста – підземної прокладки. Термін експлуатації більшості теплових мереж перевищує 20 – 25 років. Значна частина теплових мереж перебуває у зношеному стані.

Теплова ізоляція більшості теплових мереж виконана із мінераловати. За час експлуатації ізоляція за рахунок пошкоджень в інженерних мережах міста (теплові мережі, водопровід та каналізація), а також за рахунок природних умов неодноразово затоплювалась і зволожувалась. У деяких місцях канали теплових мереж замулені, деякі ділянки теплопроводів постійно затоплені. У таких умовах тепла ізоляція втратила свої тепло ізолюючі якості. Експлуатація теплових мереж за таких умов призводить до інтенсивної корозії металу, порушення герметичності теплопроводів і, як наслідок, до значних втрат мережної води. На деяких котельнях витрати підживлювальної води теплових мереж значно перевищують нормативне значення. Наслідком такого режиму експлуатації теплових мереж є достатньо високий рівень реальних втрат теплової енергії через ізоляцію теплопроводів та з витоками, особливо в системі постачання гарячої води. Кожен рік підприємство проводить роботу по заміні теплових мереж із застосуванням сталевих попередньо ізольованих та PE-RT труб.

Рівень заміни по підприємству на попередньо ізольовані труби становить близько 29,6%. По закінченню опалювального сезону та перед початком ремонтного періоду проводяться гідравлічні та теплові випробування, а також гідравлічна наладка теплових мереж. Найбільша проблема при експлуатації теплових мереж це аварійний стан та зношеність трубопроводів, а також підтоплення каналізаційними та стічними водами.

У системі централізованого тепlopостачання міста застосовуються дві схеми підключення споживачів. Перший тип підключення, через центральні теплові пункти (ЦТП), з яких тепло для опалювання приміщень і гаряча вода для побутових потреб поставляється окремо через розподільну чотирьохтрубну мережу для групи будівель. Другий тип, через індивідуальні теплові пункти в

будівлях (ІТП), які підключені до первинної мережі централізованого теплопостачання, і готують гарячу воду для систем гарячого водопостачання і окремо для опалювання через теплообмінники, встановлені в ІТП. Майже 40% ЦТП і ІТП перебувають у критичному стані через застаріле обладнання, що призводить до збоїв у гарячому водопостачанні [35].

### 2.2.1 Огляд основних джерел утворення та викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

На сьогоднішній день КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» експлуатує 40 джерел теплопостачання. Загальна встановлена потужність котелень становить 686,1 Гкал.

При аналізі основних показників по викидам забруднюючих речовин було взято 2 котельні, які розташовуються по вулицях Чумацька 20 (котельня №1) та Стрілецька 57 (котельня №2) відповідно. Одна з котелень є твердопаливною, тобто використовує для опалення дрова, інша газова.

Котельня №1 розташована на одному промисловому майданчику у м. Вінниця, за адресою: вул. Чумацька 20. Кількість виробленого тепла котельні за рік становить – 2368 Гкал. Котельня спеціалізується на постачанні пари, гарячої води та кондиційованого повітря.

На території промайданчика функціонує твердопаливна котельня, в якій встановленні два водогрійні твердопаливні котли марки Ardenz Т-600 (потужність 600 кВт) та Т-200 (потужність 200 кВт). Загальна потужність твердопаливної котельні становить 800 кВт. В якості палива використовуються дрова. Річна витрата палива становить 700 т/рік для двох котлів. Котельня працює цілодобово 7010 год/рік (котел Ardenz Т-600) та 4337 год/рік (котел Ardenz Т-200). При роботі котельні в атмосферу надходять такі забруднюючі речовини які наведено на рисунку 2.1.

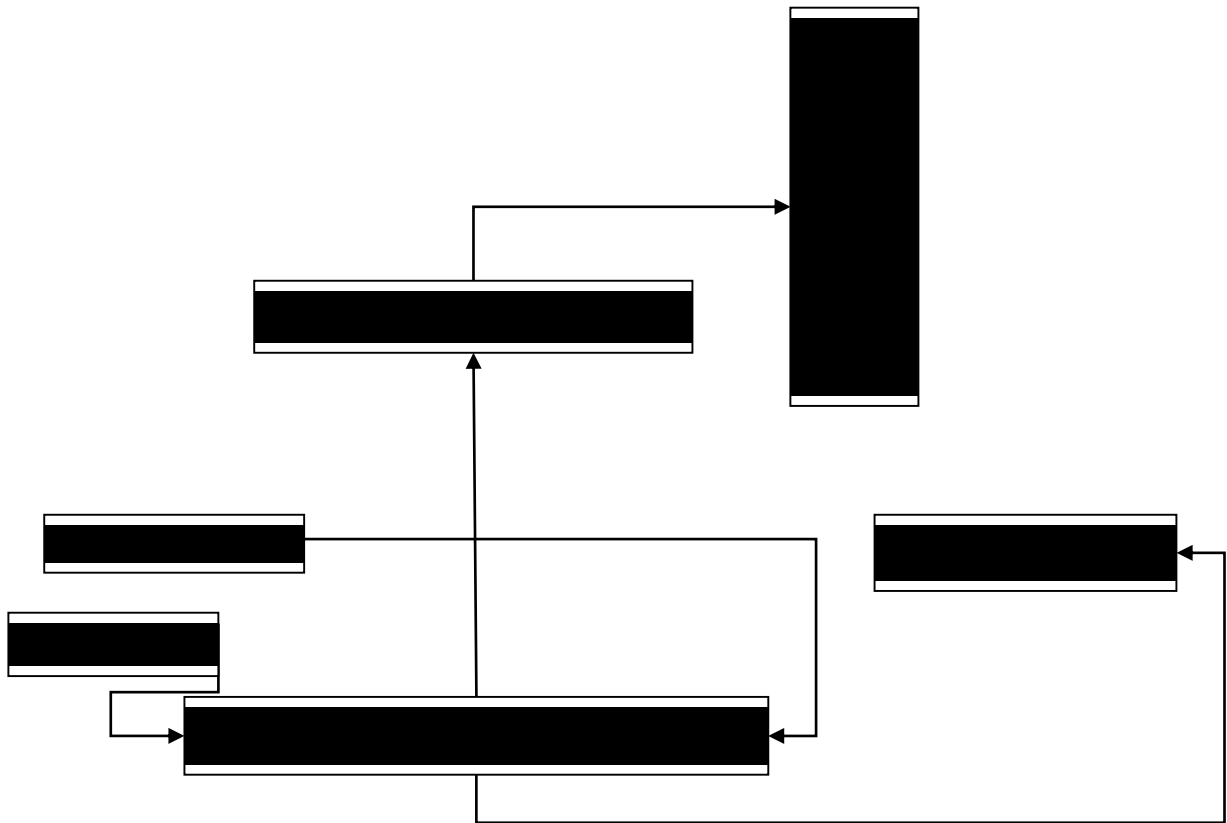


Рисунок 2.1 – Викиди забруднюючих речовин при роботі котельні №1 в атмосферне повітря

Характеристика твердопаливних котлів Ardenz T-600 та T-200 даної котельні наведена в додатку Б (табл. Б.1)

Валовий викид забруднюючих речовин становить 24,4982 т/рік. Валовий викид нітроген (I) оксиду ( $N_2O$ ) становить 0,0398 т/рік.

Максимальний вклад підприємства в рівень забруднення атмосфери при найбільш несприятливих метеорологічних умовах, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна в районі впливу майданчика із врахуванням фонових концентрацій становить 0,74 ГДК нітроген (I) оксиду ( $N_2O$ ) для населених місць.

Котельня №2 розташована на майданчику в м. Вінниця по вул. Стрілецька

57 і межує з усіх сторін з приміщеннями 45-го Експериментального механічного заводу. В котельні встановлено:

котел VITOMAX 100 M 148 №1 потужністю 5 МВт;

котел VITOMAX 100 M 148 №2 потужністю 5 МВт;

котел VITOMAX 100 M 148 №3 потужністю 5 МВт.

Загальна потужність котельні становить 15 МВт. Котли можуть працювати як незалежно один від одного, так і всі одночасно. В якості палива використовується природний газ.

При роботі котельні в атмосферу надходять такі забруднюючі речовини які наведено на рисунку 2.2

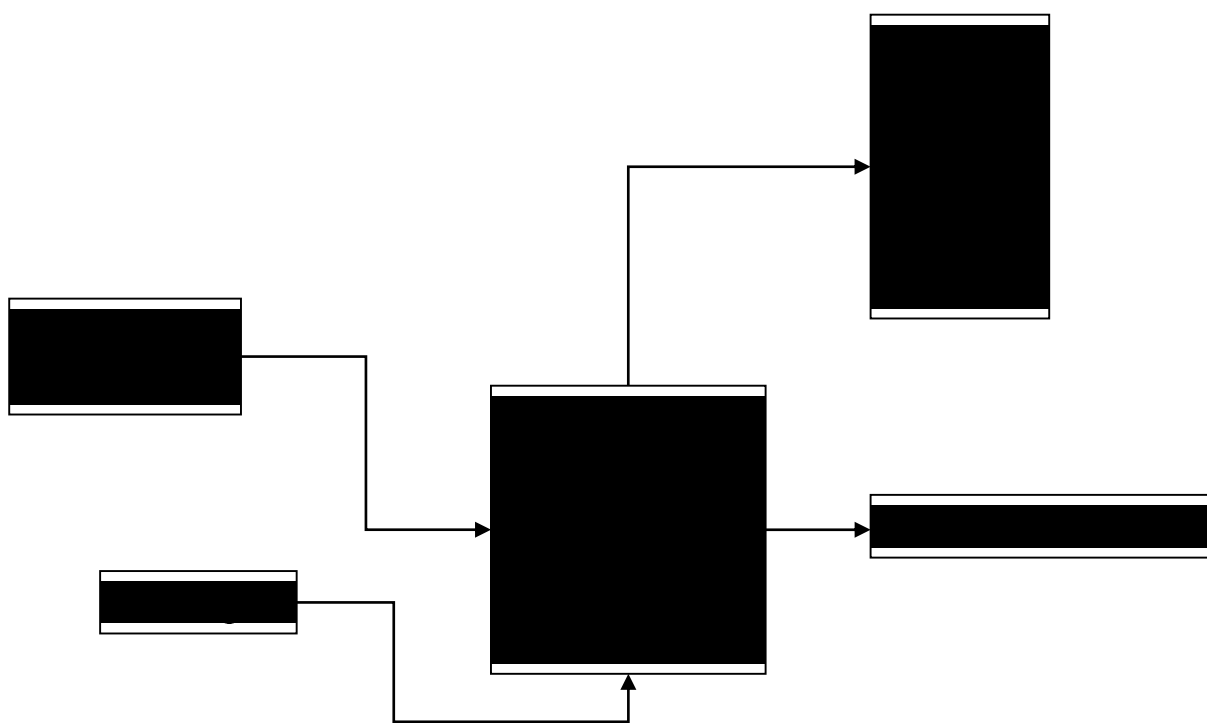


Рисунок 2.2 – Викиди забруднюючих речовин при роботі котельні №2

Дане джерело викиду за ступенем впливу на забруднення атмосферного повітря належить до другої групи об'єктів для яких розробляються документи у яких обґрунтовуються обсяги викидів. Документи розроблені у відповідному для цієї групи об'ємі.

Максимальний вклад підприємства в рівень забруднення атмосфери при найбільш несприятливих метеорологічних умовах, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна в районі впливу майданчика не перевищує 0,5 ГДК нітроген (I) оксиду ( $N_2O$ ) для населених місць [35]. Характеристика котлів котельні №2 наведена в додатку Б (таблиці Б.2).

### 2.2.2 Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

Розрахункові методи визначення викидів забруднюючих речовин базуються на використанні показника емісії. Показник емісії характеризує масову кількість забруднюючих речовин, яка викидається в атмосферне повітря разом з димовими газами, віднесено до одиниці енергії, що виділяється під час згорання палива. Значення показників емісії забруднюючих речовин наведено в [36].

Розрахунок викидів проведено для двох джерел забруднення атмосферного повітря даного підприємства:

а) джерело викидів №1 – котельня. Котельня обладнана двома котлами марки Ardenz T-600 та Ardenz T-200. Валовий викид забруднюючої речовини  $M_i$ , що надходить в атмосферу з димовими газами котельні за певний проміжок часу, визначено за формулою (2.1).

(2.1)

де  $M_i$  – валовий викид  $i$ -тої забруднюючої речовини під час спалювання палива за певний проміжок часу, т/рік;

$K_i$  – показник емісії  $i$ -тої забруднюючої речовини для палива, г/ГДж;

$B$  – витрата палива за проміжок часу, г/с;

$Q^P_H$  – робоча теплота згорання палива, МДж/кг.

В таблиці 2.2 наведено розраховані дані валових викидів від котлів Ardenz T-600 та Ardenz T-200 з джерела №1 КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» в г/с і т/рік.

Таблиця 2.2 – Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря з джерела викиду №1

Котел Ardenz T-600			
Речовина	$K_i$ , г/ГДж	$M_i$ , г/с	$M_i$ , т/рік
NO <sub>2</sub>	67,69	0,124	0,42
CO	727,77	1,3	4,48
SO <sub>2</sub>	11,99	0,0216	0,07
Зола	7,91	0,0146	0,05
N <sub>2</sub> O	4	0,003	0,02
CH <sub>4</sub>	5	0,003	0,03
Котел Ardenz T-200			
NO <sub>2</sub>	62,17	0,0628	0,15
CO	986,8	0,983	2,43
SO <sub>2</sub>	8,77	0,0089	0,02
Зола	9,98	0,00986	0,02
N <sub>2</sub> O	4	0,0008	0,01
CH <sub>4</sub>	5	0,001	0,01

б) джерело викидів №2 – котельня. Котельня обладнана трьома котлами марки VITOMAX 100 M 148 №1, №2, №3. Валовий викид забруднюючої речовини  $M_i$ , що надходить в атмосферу з димовими газами котельні за певний проміжок часу, визначаємо за формулою (2.1). В таблиці 2.3 наведено розраховані дані валових викидів від котлів VITOMAX 100 M 148 №1, №2, №3 з джерела №2 підприємства «Вінницяміськтеплоенерго» в г/с і т/рік.

Таблиця 2.3 – Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря з джерела викиду №2

VITOMAX 100 M 148 №1			
Речовина	$K_i$ , г/ГДж	$M_i$ , г/с	$M_i$ , т/рік
NO <sub>2</sub>	83,245	0,840	3,490
CO	65,750	0,660	2,756
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	0,005	0,042
VITOMAX 100 M 148 №2			
NO <sub>2</sub>	62,015	0,835	2,60
CO	66,816	0,656	2,793
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	90,005	0,042
VITOMAX 100 M 148 №3			
NO <sub>2</sub>	86,638	0,859	3,632
CO	68,290	0,670	2,863
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	0,005	0,042



Враховуючи те, що від джерел викидів підприємства в атмосферу надходять майже однакові забруднюючі речовини, розраховано їх сумарні валові викиди, які наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Валові викиди забруднюючих речовин КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» (2019 р.)

Речовина	Клас небезпеки	Валовий викид, т/рік
Нітроген (IV) оксид	2	10,292
Карбон (II) оксид	4	15,322
Сульфур (IV) оксид	3	0,09
Зола	2	0,07
Нітроген (I) оксид	2	0,042
Метан	-	0,163
Разом		25,979

Валовий викид шкідливих речовин в атмосферне повітря з двох котелень «Вінницяміськтеплоенерго» становить 25,979 т за 2019р. Крім того, викид парникового газу N<sub>2</sub>O складає – 0,042 т/рік.

### 2.3 Методи знешкодження та утилізації газопилових викидів на КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго»

Для вловлювання та очищення газів що надходять в атмосферне повітря внаслідок роботи котелень КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго», на

підприємстві експлуатується очисне обладнання, а саме:

- циклон ТЦ 100-200;
- електрофільтр rTFzX307/3/7200.

Останній призначений для очищення димових газів від речовин у вигляді твердих суспендованих частинок, які надходять від твердопаливного котла Viessmann Vitoflex 300-FSR 2600. Продуктивність по газопиловому потоку складає 3,13 тис. м<sup>3</sup>/год. Масова концентрація забруднюючих речовин у газопиловому потоці, що очищується на вході в електрофільтр в робочому режимі – 755,98 мг/м<sup>3</sup>. Робоча температура газів на вході в електрофільтр – 149 °С. Електрофільтр складається із сталевого корпусу, в якому розміщена активна частина, що складається із осаджуючих та коронуючих електродів, механізмів струшування електродів. Газові викиди по газоходу поступають на вхід дифузору електрофільтра та, проходячи через газорозподільчу решітку, попадають в електрофільтр. Коронувальні електроди під'єднані до високовольтного джерела живлення випрямляючим струмом під напругою 50-80 кВ. Осаджуючі електроди заземлені.

Принцип роботи електрофільтру: при проходженні запиленого газу через поля електрофільтру, часточки пилу заряджаються під дією електричного поля та осаджуються на електродах. Видалення золи із електродів здійснюється за допомогою механізмів струшування. Видалений пил накопичується в бункерах корпусу в зоні нижньої частини осаджуючих електродів, на бокових стінках корпусу та на опорних колонах. Ефективність роботи електрофільтра складає 98%. Недоліком даного методу очистки газопилових викидів є недостатнє очищення електрофільтром забруднюючих речовин і утворення пилу. Схема установки по очистці газів електрофільтром зображена на рис. 2.3.

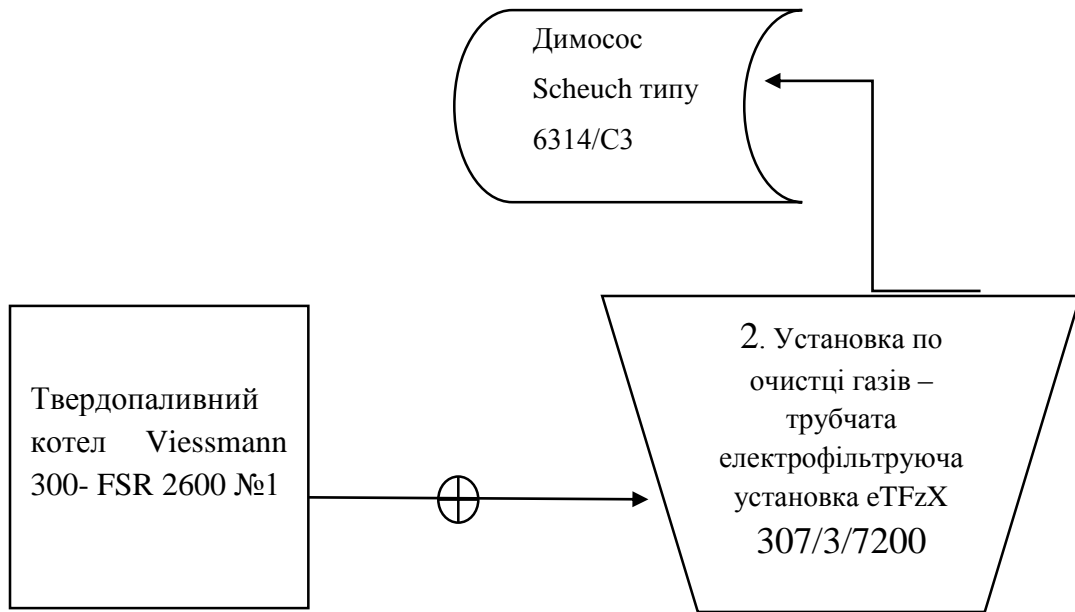


Рисунок 2.3 – Схема установки по очистці газів електрофільтром

Циклон ТЦ 100-200 – установка по очистці газів, яка призначена для очистки димових газів від речовин у вигляді твердих суспендованих частинок, які надходять від твердопаливного котла Ardenz T-200. Продуктивність по газопиловому потоку складає 0,47 тис. м<sup>3</sup>/год. Масова концентрація забруднюючих речовин у газопиловому потоці, що очищується на вході в циклон в робочому режимі – 179,7 мг/м<sup>3</sup>. Робоча температура газів на вході – 362 °С. Ефективність роботи установки – 74,68%, схему якої наведено на рисунку 2.4. У циклонах запилений газ, який обертається по спіралі, відкидає часточки пилу на стінки апарата, звідки вони потрапляють у пилоосаджувальну камеру. Циклони очищують гази з розміром частинок не менш як 25мкм. Недолік цього методу очистки газопилових викидів, полягає у значному пошкодженні частин апарата пилом. Тому ці частини покривають зносостійкими сплавами, що в свою чергу здорожує конструкцію.

Таким чином, підприємство в більшій мірі впливає на повітряне середовище шляхом викидів забруднюючих речовин з котелень. В атмосферне повітря незалежно від заходів які використовуються на підприємстві, потрапляють забруднюючі речовини. Незважаючи на впровадження ряду очисних та природоохоронних заходів, підприємство зазнає екологічних та

економічних збитків від викидів забруднюючих речовин на навколишнє середовище, адже існуючі методи є недосконалими і мають певні недоліки [35].

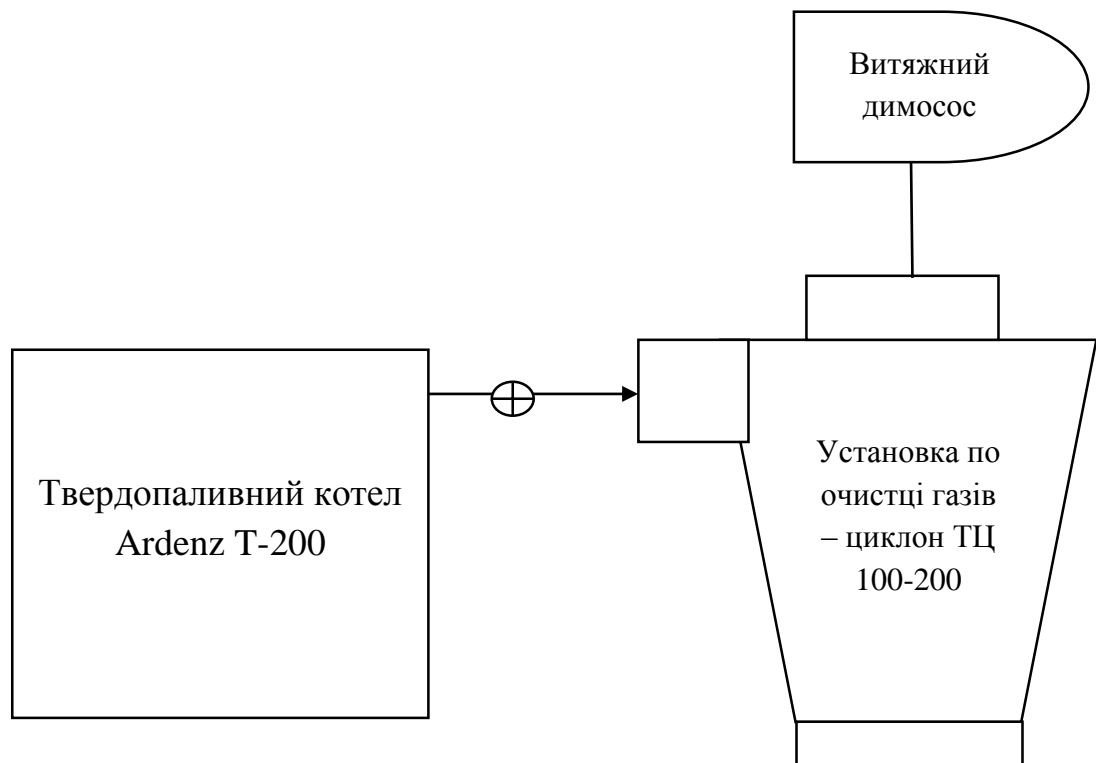


Рисунок 2.4 – Схема установки по очистці газів циклоном ТЦ 100-200

#### 2.4 Вибір оптимального програмного середовища для розв'язання задачі

На даному етапі розвитку науково-технічного прогресу розв'язання екологічних проблем потребує використання комп'ютерних технологій. Найбільш відомі серед них є: текстові редактори (Word, Write), електронні таблиці (Supercalc, Microsoft Excel), програми для розв'язання математичних та статичних задач (Mathcad Professional, MathType), графічні системи («Еол-Плюс», Microsoft Power Point) [37].

При розв'язанні задачі – оцінки впливу викидів шкідливих речовин, що утворюються від стаціонарних джерел забруднення підприємства КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» на довкілля використано таку комп'ютерну

програму як Mathcad Professional.

Mathcad Professional – це потужне та універсальне середовище для розв'язання задач в різних галузях науки і техніки, фінансів і економіки, фізики та астрономії, математики і статистики. Mathcad залишається єдиною системою, в якій опис розв'язання математичних задач задається за допомогою звичних математичних формул і знаків. Mathcad дозволяє виконувати як чисельні, так і аналітичні обчислення, має надзвичайно зручний математико-орієнтований інтерфейс і прекрасні засоби наукової графіки.

Середовище Mathcad дозволяє зробити не тільки обчислення, а супроводжує створенні ідеї діаграмами, графіками, текстом. Документи розроблені за допомогою даної програми можна зберігати в різних форматах, що є дуже зручним при використанні цієї програми [37].

## 2.5 Алгоритм розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго»

КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» перебуває на обліку, як об'єкт, який здійснює шкідливий вплив на стан атмосферного повітря, а тому необхідно дотримуватись певних норм викидів забруднюючих речовин. Але показники викидів забруднюючих речовин ще не є достатньою підставою для встановлення ступеня забруднення повітря. З цією метою необхідно визначити приземні концентрації шкідливих речовин у повітрі, які утворюються в результаті даних викидів. Приземну концентрація забруднюючих речовин обчислюють за нормативною методикою яку наведено в [38].

Відповідно до методики [38] максимальне значення приземної концентрації забруднюючої речовини при викиді газоповітряної суміші з одного джерела, яка досягається при несприятливих метеорологічних умов на відстані (х, м) від джерела, визначають за формулою:

(2.2)

де  $A$  – коефіцієнт, що залежить від стратифікації атмосфери;

$M$  – маса забруднюючої речовини, що викидається в атмосферу за одиницю часу, г/с;

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

$m, n$  – коефіцієнти, що враховують умови виходу газоповітряної суміші з джерела викиду;

$\eta$  – безрозмірний коефіцієнт, що залежить від рельєфу місцевості ( $\eta = 1$ );

$H$  – висота джерела викиду над рівнем землі, м;

$V_1$  – об'єм виходу газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с;

$\Delta T$  – різниця температур викидів газів  $T_G$ , і навколишнього атмосферного повітря  $T_B$ , °С.

Середню швидкість виходу газоповітряної суміші з джерела викиду  $\omega_0$ , м/с визначають за формулою:

(2.3)

де  $D$  – діаметр джерела викиду, м;

$V_1$  – об'єм виходу газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с.

Значення коефіцієнта  $A$ , який відповідає несприятливим метеорологічним умовам, при яких концентрація шкідливих речовин в атмосферному повітрі максимальна, прийнято рівним 200 [38].

Значення потужності викиду  $M$  (г/с) і витрати газоповітряної суміші  $V_1$  (м<sup>3</sup>/с) вибирають відповідно до діючих нормативів для даного виробництва [34]. При визначенні значення  $\Delta T$  прийнято температуру атмосферного повітря

$T_B$ , рівну середній максимальній температурі повітря найбільш теплого місяця року ( $T_B = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), а температуру газоповітряної суміші  $T_G$  – згідно діючих для даного виробництва нормативів.

Значення безрозмірного коефіцієнта  $F$  приймають рівним 1 для газоподібних шкідливих речовин і дрібнодисперсних аерозолів .

Значення коефіцієнтів  $n$  і  $m$  визначають в залежності від параметрів  $f$ ,  $v$ ,  $v_1$  і  $f_1$ :

$$\text{-----} \quad (2.4)$$

$$\begin{array}{c} \text{-----} \\ \text{-----} \end{array} \quad (2.5)$$

$$\text{-----} \quad (2.6)$$

$$(2.7)$$

Коефіцієнт  $m$  визначають в залежності від  $f$  за формулами:

$$\text{-----} \quad (2.8a)$$

$$\text{-----} \quad (2.8b)$$

Для  $f_1 < 100$  значення коефіцієнта  $m$  обчислюють  $f = f_1$ . Коефіцієнт  $n$  при  $f < 100$  визначають залежно від  $v$  за формулами:

$$(2.9a)$$

(2.9б)

(2.9в)

Відстань  $x$  (м) від джерела викидів, на якій приземна концентрація забруднюючої речовини за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення визначають за формулою:

$$\text{---} \quad (2.10)$$

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

$$\text{---} \quad (2.11а)$$

$$\text{---} \quad (2.11б)$$

$$\text{---} \quad (2.11в)$$

Для прискорення і спрощення розрахунків приземних концентрацій на підприємстві розглянуто тільки ті із забруднюючих речовин, для яких виконується умова формули:

$$(2.12)$$

де,  $M$  – сумарне значення викидів забруднюючої речовини від усіх джерел підприємства, г/с;

ГДК – максимальна гранично-допустима концентрація, забруднюючої речовини, мг/м<sup>3</sup>;



$H$  – середнє значення висоти джерел викидів по підприємству, м.

Результати доцільності проведення розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин наведено в таблиці 2.5.

З таблиці 2.5 видно, що розрахунок приземних концентрацій необхідно проводити для двох речовин: нітроген (IV) оксид та карбон (II) оксид.

Таблиця 2.5 – Оцінка доцільності проведення розрахунків приземних концентрацій забруднюючих речовин в атмосферному повітрі

Забруднююча речовина	$M$ , г/с	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	М/ГДК	Доцільність проведення розрахунку приземної концентрації
Нітроген(IV) оксид	2,7208	0,085	32,009	так
Карбон (II) оксид	4,269	3,0	1,423	так
Сульфур (IV) оксид	0,0305	0,5	0,061	ні
Зола	0,024	0,5	0,048	ні
Нітроген (I) оксид	0,0053	0,6	0,008	ні
Метан	0,019	50	0,00038	ні

За допомогою програми Mathcad Professional розраховано максимальні значення приземних концентрацій забруднюючих речовин (нітроген (IV) оксид та карбон (II) оксид), які виділяються в атмосферне повітря при діяльності підприємства «Вінницяміськтеплоенерго».

Нітроген (IV) оксид та карбон (II) оксид викидаються з двох джерел викидів: котельні №1 та №2, тому згідно з [38] ці джерела викидів об'єднано. При цьому для умовно об'єднаного джерела приймаємо сумарне значення  $M$  від всіх джерел викидів, середнє арифметичне значення висоти  $H$ , діаметра  $D$ , температури газів  $T_r$  і об'єму виходу газоповітряної суміші. Тоді формула 2.2 перетворюється в:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \quad \frac{\text{---}}{\text{---}} \quad (2.13)$$

де  $M$  – сумарне значення викиду всіма джерелами забруднення, г/с;

$N$  – кількість джерел викидів;

$V$  – сумарний об'єм виходу газоповітряної суміші, м<sup>3</sup>/с (формула 2.14).

(2.14)

Значення параметра  $v$  визначають за формулою:

$$\frac{\text{---}}{\text{---}} \quad (2.15)$$

Розрахунки приземної концентрації та відстані від джерела викиду на якій концентрація досягає максимального значення нітроген (IV) оксиду та карбон (II) оксиду проведено за допомогою Mathcad Professional, згідно описаної методики [38] з урахуванням всіх зазначених вище змін.

Розрахунки подані в додатках В і Г відповідно. Всі вихідні дані для розрахунку в Mathcad Professional максимальної приземної концентрації забруднюючих речовин та відстані на якій приземна концентрація за несприятливих метеорологічних умов досягає максимального значення занесено до табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Вихідні дані для розрахунку приземної концентрації та відстані, на яких концентрації досягають максимального значення

Забруднююча речовина	D, м	V <sub>1</sub> , м <sup>3</sup> /с	T <sub>Г</sub> , °С	H, м	M, г/с
Нітроген (IV) оксид	1,39	2,067	95	33	2,7208
Карбон (II) оксид	1,39	2,067	109	33	4,269

За результатами розрахунків проведених в Mathcad Professional (таблиця 2.7) показано, що розраховані значення приземних концентрацій забруднюючих речовин не перевищують встановлені ГДК (табл. 2.1).

Таблиця 2.7 – Результати розрахунків приземних концентрацій та відстані, на яких концентрації досягають максимального значення

Забруднююча речовина	Приземна концентрація, (C <sub>М</sub> ) мг/м <sup>3</sup>	Відстань, (x) м
Нітроген (IV) оксид	0,084	212,317
Карбон (II) оксид	0,033	212,377

### 3 РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНІЙ ГАЛУЗІ НА ПРИКЛАДІ КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО»

#### 3.1 Пріоритетні заходи зі зменшення обсягів споживання природного газу в теплоенергетиці на прикладі «Вінницяміськтеплоенерго»

Оскільки КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» відноситься до теплоенергетичної галузі огляд заходів зі зменшення обсягів споживання природного газу можна розглядати в цілому по теплоенергетичному комплексу. Основним споживачем природного газу в електроенергетиці є комбіноване виробництво електричної енергії і теплоти, що здійснюється на ТЕЦ і основні обсяги скорочення споживання природного газу можуть бути забезпечені переважно за рахунок зміни структури джерел виробництва теплової енергії. Наразі в енергетичному господарстві країни 200 дрібних ТЕЦ. Більшість із них побудована в 40–50-ті роки, а деякі – навіть в 30-ті. Вони мають морально застаріле та зношене устаткування, питомі витрати палива в них подекуди вдвічі і більше перевищують відповідні показники українських конденсаційних ТЕС, які теж високі. Більшість опалювальних та промислових ТЕЦ працюють на природному газі, тоді як потужності вугільних ТЕС є надлишковими і не використовуються.

Резервні котельні виведених ТЕЦ, у свою чергу, у періоди зростання цін на природний газ доцільно переводити з газу на більш дешеве резервне паливо (мазут). Окрім того, частину газомазутних ТЕЦ (промислові та опалювальні), які зараз працюють на газі, у періоди високих цін на природний газ доцільно тимчасово переводити у системний резерв (з відшкодуванням умовно-постійних витрат) із використанням резервного палива (мазут, тверде паливо) для виробництва теплової енергії.

Наразі для покриття змінної частини графіка навантаження ОЕС України в зимові місяці включають в роботу газомазутні блоки, значна кількість газу

витрачається на вимушені пуски/зупинки та глибокі розвантаження енергоблоків у години нічних провалів електричних навантажень. В останні роки, за рахунок зростання якості вугілля, заміщення природного газу мазутом ці витрати можуть бути знижені до 0,8 млрд. м<sup>3</sup> природного газу на рік. Однак і цей газ може бути заощадженим шляхом впровадження швидкодіючих споживачів регуляторів на базі теплових насосів та термерів із акумуляторами теплової енергії, що можуть взяти на себе регулювання змінних навантажень енергетичної системи [39].

Теплозабезпечення є найважливішою сферою скорочення споживання природного газу. Потреби країни в тепловій енергії забезпечуються потужностями ТЕЦ, котельнь, промисловими печами та індивідуальними генераторами тепла. В країні налічується біля 100 тисяч котельнь різної потужності, більшість із них працюють на природному газі. Газові котельні в умовах стрімкого зростання цін на газ стали неконкурентоспроможними з новими технологіями генерування теплової енергії, а саме, з термерами і з тепловими насосами. В промислово розвинутих країнах обсяги виробництва теплової енергії тепловими насосами стрімко (у 2 і більше рази щорічно) зростають.

В Україні промисловість здатна освоїти необхідні потужності теплонасосного устаткування для повного забезпечення ним власних потреб, але на рівні 2011 року її можливості будуть ще досить обмеженими. Тому на цей і деякий подальший період радикальне зменшення споживання природного газу при виробництві теплової енергії необхідно забезпечувати переважно шляхом використання резервного палива на котельнях (за сприятливими економічними умовами), електричних теплогенераторів та відновлюваних і нетрадиційних джерел енергії.

Аналіз показав, що за рахунок переведення газових котельнь різних потужностей на резервне паливо (мазут, біопаливо, водо-вугільне паливо) можна зменшити споживання природного газу на 5,5 млрд. м<sup>3</sup>, у тому числі, на

котельнях потужністю від 20 до 100 Гкал/год – на 1,5 млрд. м<sup>3</sup> та потужністю 100 Гкал/год і вище – на 4,0 млрд. м<sup>3</sup>. Можуть бути впроваджені 1,5 млн кВт потужностей електричних теплогенераторів (переважно термерів), які зможуть замістити 1,5 млрд. м<sup>3</sup> природного газу та будуть, окрім цього, використані в ОЕС України як споживачі – регулятори для вирівнювання її графіка навантаження та в системі автоматичного регулювання частоти і потужності. Це забезпечує, як зазначалось, додаткові обсяги газозбереження та значно подовжує терміни експлуатації устаткування ТЕС [18].

Відновлювані та нетрадиційні джерела енергії. Зменшення споживання природного газу шляхом розширення використання відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії прогнозується, в основному, за рахунок впровадження імпорتنих теплових насосів переважно в службових та офісних приміщеннях обсягом 1,7 млрд. м<sup>3</sup>. Окрім того, можливим є збільшення використання біомаси, місцевих видів палива, сонячних колекторів і ін. Потенціал зниження споживання природного газу за рахунок цих факторів становить 1,9 млрд. м<sup>3</sup> [39].

### 3.2 Когенераційні установки у системі теплофікації

Під терміном «когенераційні установки» сьогодні розуміють установки комбінованого виробітку теплової і електричної енергії, які базуються на теплових (поршневих і газотурбінних) двигунах невеликої (0,5–2 МВт) і середньої (до 30–40 МВт) електричної потужності.

Як і в звичайній паротурбінній ТЕЦ, в когенераційній установці корисно використовується скидна теплота теплового двигуна за допомогою котла-утилізатора. Він служить або сітьовим підігрівачем води в системі опалення і гарячого водопостачання, або генератором технологічної пари у виробництві або енергетичної пари для парової турбіни, утворюючи ту ж ПГУ. У деяких технологічних схемах скидна теплота вихідних газів двигуна може

використовуватись безпосередньо в технологічному процесі, наприклад для сушки будь-якої сировини. Така схема також відноситься до когенераційних. Когенераційні установки, що виробляють теплоту й електроенергію, називають також міні-ТЕЦ (МТЕЦ).

По своїй суті МТЕЦ повністю аналогічні паротурбінним ТЕЦ: вони включають системи виробництва теплової і електричної енергії, теплові й електричні магістралі для доставки енергії споживачам, розподільні мережі та системи, системи контролю і управління. Відрізняються вказані ТЕЦ тільки масштабами і видом енергії, яка є базовою: якщо для паротурбінної ТЕЦ базовою в більшості випадків є електрична енергія, а виробіток теплової є засобом підвищення ефективності виробітку базового продукту, то в МТЕЦ базовою є, як правило, тепла енергія. По існуючому тепловому навантаженню визначається електрична потужність когенераційної установки, яка забезпечує максимальний коефіцієнт корисного використання палива впродовж всього року.

Вже за своїм визначенням МТЕЦ є альтернативою крупним централізованим паротурбінним ТЕЦ. У цьому плані застосування МТЕЦ служить засобом децентралізації (зменшення) теплофікаційних систем, створення помірно-централізованих систем теплопостачання, які забезпечують теплотою і електроенергією, а при необхідності й холодом окремі адміністративні і громадські будівлі, підприємства, житлові комплекси, учбові заклади і тому подібні об'єкти. Такий шлях розвитку енергетики має наступні переваги:

- зниження втрат при транспорті теплоти і електроенергії за рахунок зменшення відстаней між виробниками і споживачами енергії, а також за рахунок застосування сучасних засобів захисту і технологій;

- можливість оперативного регулювання теплової і електричної потужності установки в залежності від навантаження, часу доби, сезону, погодних умов;

- можливість використання сучасного високоефективного енергетичного обладнання;
- використання систем глибокої утилізації (утилізація схованої теплоти пароутворення при спалюванні вуглеводневого палива);
- зменшення коштів, необхідних для модернізації або заміни застарілого обладнання і мереж.

Вказані особливості когенераційних технологій дозволяють зменшити витрату палива на виробіток теплоти і електроенергії, тобто витрати на енергоносії, а разом з цим скоротити викиди парникових газів і шкідливих речовин в навколишнє середовище, що є на сьогоднішній день найпотужнішим стимулом для будівництва когенераційних установок.

На сьогоднішній день когенерація визнається радикальним засобом протидії глобальній зміні клімату, марнотратству в паливній сфері, засобом, який сприяє сільському й регіональному відродженню, росту зайнятості у машинобудуванні [40].

### 3.3 Метод «Омагнічення води»

В Україні водні ресурси (річковий стік і підземні води) використовуються повністю. Поширення забруднення водних ресурсів – це зміна фізичних, хімічних, біологічних, санітарно-гігієнічних та інших властивостей під дією господарської діяльності, викликають нагальну потребу по застосуванню енергозберігаючих технологій при використанні водних ресурсів.

Головним джерелом економії в промисловості є вдосконалення технологічних процесів, в енергетичному господарстві це раціональне вирішення водного режиму. Особливо ця проблема є при експлуатації котлів малої потужності, встановлених на підприємствах, теплових мережах та різні теплообмінні прилади, де сучасні методи обробки води малоефективні, що



призводить до великих простоювань обладнання, пов'язаного з видаленням накипу (в парових котлах, охолоджувальних системах та інших теплоенергетичних апаратах на поверхні нагріву чи охолодження в результаті фізико-хімічних процесів утворюються тверді відкладення – накип), а також необхідністю мати резервні агрегати.

Магнітна обробка стічних вод дає скорочення та здешевлення їх очищення в трьох напрямках: власна обробка стічних вод, поліпшення роботи біохімічних очисних споруд, скорочення кількості стічних вод. Принцип магнітної обробки води полягає у тому, що при перетині води магнітними силовими лініями утворення накипу виділяються не на поверхню нагріву, а в масі води. Утворені при цьому рихлий осад (шлам) може бути видалений при продувці. Аналіз відкладень накипу в теплоенергетичних апаратах низьких параметрів каже про їх склад – карбонат кальцію. У більшості випадків позитивні результати мають місце при обробці вод цього класу, які складають біля 80% вод усіх річок та озер.

За рахунок досліджень було показано можливість скорочення часу обробки, розробивши відповідальну апаратуру та впровадивши її на підприємствах паперової, текстильної та трикотажної промисловості. Виявилось, що активована електромагнітним полем водна система, не тільки сприяє інтенсифікації процесів масо переносу з розчинів, а й впливає на міцність вовняного волокна. Згідно результатам досліджень найбільш ефективну дію показала обробка імпульсним електромагнітним полем з ультразвуком (77,1% – 20 °С, 78,8% – 40 °С), в порівнянні з волокнами без обробки (70% – 20 °С, 74% – 40 °С). Тому зменшення витрат хімікатів є економічно доцільним для цього виробництва.

Для порівняльних характеристик впливу магнітної обробки води на величину теплоти випаровування, були проведені експериментальні дослідження з використанням води, виготовленої на апаратах «Іліос – М» фірми «Votali» та «Calmat» фірми «Elit –Эдельвейс» (з високочастотними

електромагнітними полями) [41], з водопровідною водою. Дослідження показали перспективним застосування показаних апаратів (до 8,8% зменшення теплоти випаровування). Обробка води в електричному та магнітному полях здійснюється для досягнення різних результатів: очищення відпрацьованої води з поверненням частини очищеної води у виробничий цикл, забезпечення необхідного для технологічних процесів рН води, зменшення солей жорсткості у воді, очищення тощо. Одним з методів підготовки води є послідовна обробка в електричному , а потім магнітному полях [42]. Для практичної реалізації цього методу запропоновано використання технологічних схем в залежності від практичних потреб у очищеній воді.

Для розроблення технологічної схеми установок обробки води в полі сталого електричного струму запропоновано використовувати установки модульного типу з плоскими електродами та напругою електричного струму між електродами, яка регулюється в межах від 2,0 до 3,0 В. Підготовка електричного струму перед подачею його на електроди установки здійснюється: по-перше, трьох фазним трансформатором знижується напруга змінного електричного струму, далі через випрямляч здійснюється його пофазне випрямлення, а потім електричний струм подається на відповідні електроди модулів установки.

Основою для розробки технологічної схеми установок для магнітної обробки води лягли результати експериментальних досліджень впливу магнітної обробки води на її властивості. Вони показали високу ефективність такої обробки, наприклад, для зменшення теплоти фазового переходу води у вільному стані тощо

При поєднанні цих відомостей з простішою конструкцією і надійністю роботи, то можна вважати обґрунтованим висновок про доцільність обмежити коло установок для магнітної обробки води обладнанням на базі з природними магнітами.

Запропоновано установки з магнітами накладного типу. Магніти

накладаються попарно на діамагнітну трубу. Кожна наступна пара магнітів встановлюється з зазором до попередньої пари, а напрям магнітних ліній повернений на  $180^\circ$  від попередньої пари. Параметри зазорів між парами магнітів – 7...15 мм, а величина магнітної індукції в робочому зазорі між магнітами в парі – 50...200 мТл, діаметр труби – 30...50 мм. Модульна схема установки для магнітної обробки води є найбільш доцільна. У якості одиничного модуля можна прийняти різні магнітні активатори (магнітний активатор КМ–30).

При підвищенні вмісту у воді заліза рекомендується змінити схему введення і руху її в магнітному активаторі з використанням закручених відцентрованих потоків. Такий ефект досягається шляхом тангенціального введення води в активатор за рахунок збільшення під дією відцентрованих сил концентрації частинок з підвищеним вмістом заліза та їх агрегації.

Розроблення технологічних схем систем водопостачання установками, які пропонуються для очищення і пом'якшення води в полях постійного електричного струму і природних магнітів, можуть бути використані як в системах водопостачання житлово-комунального сектора, так і в системах водопостачання промислових підприємств і об'єктів АПК.

Таким чином, при дефіциті економічних та енергоресурсів в країні приготування та використання омагніченої води рекомендоване для впровадження в теплоенергетичну галузь промисловості [43].

### 3.4 Використання сонячних панелей та вітроустановок

Використання сонячної енергії може бути корисно в декількох аспектах. По-перше, при заміні нею викопного палива зменшується забруднення повітря і води. По-друге, заміна викопного палива означає скорочення імпорту палива, особливо нафти. Сонячні джерела можуть забезпечити деякий захист, зменшуючи залежність від безперебійного постачання паливом.

Існують два основних способи перетворення сонячної енергії: фототермічний і фотоелектричний. При фототермічному методі теплоносії нагрівається в колекторі до високої температури і використовується для опалення приміщень. Частина теплової енергії акумулюється. Сонячний колектор простої конструкції площею  $1 \text{ м}^2$  за день може нагріти 50-70 л. води до температури 80-90 °С.

У фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії використовується кремній з додаванням інших елементів, що утворюють структуру з р-п-переходом. Схема роботи напівпровідникового кремнієвого фотоелемента досить проста: в р-шарі напівпровідника створюється позитивна провідність, а в п-шарі – негативна. На кордоні шарів виникає потенційний бар'єр, що перешкоджає переміщенню носіїв з одного шару в інший (в такому стаціонарному стані струм не тече по всьому напівпровіднику). Коли ж на фотоелемент падає світло (потік фотонів), фотони, поглинаючись, створюють пари, які, підходячи до кордону шарів, знижують потенційний бар'єр, даючи можливість носіям безперешкодно проходити з шару в шар. У напівпровіднику виникає наведена електрорушійна сила (ЕРС), і він стає джерелом електричного струму. Величина фото-ЕРС буде тим більша, чим інтенсивніше світловий потік [44].

Сучасні сонячні батареї мають можливість працювати без додаткових капіталовкладень десятки років і, в довгостроковій перспективі електроенергія, генерована таким чином, стане не просто рентабельною, а над прибутковою. Ефективність сучасних кремнієвих фотоелементів (а також фотоелементів на основі арсеніду галію) досить висока (їх ККД досягає 10-20%), а чим вище ККД, тим менше необхідна площа сонячних батарей, яка навіть в малій енергетиці становить десятки квадратних метрів.

Для досягнення високої техніко-економічної ефективності проектів СЕС є застосування інноваційних технічних рішень, до числа яких належать:

- використання багатошарових сонячних фотоструктур панелей (зі ККД вищим на 7—12 % за традиційні);
- використання технологій інтелектуального керування потужність генерації СЕС і фільтрація електромагнітних завад для підвищення якості електроенергії;
- використання інноваційних технологій акумуляції електроенергії на базі новітніх нано- і карбонових акумуляторних батарей, а також інших способів акумуляції. Електроенергія з фотоелектричних систем в значній мірі залежить від природніх умов і тому енергія породжена сонячними фотоелектричними системами повинна бути використана негайно або буде втрачена;
- використання нових фотоелектричних матеріалів, розробки, яких ведуться постійно в світі;
- розробки по органічному об'єднанню інформаційних технологій з енергетичними системами з метою енергоефективності та розширенню функціоналу останніх є перспективними і економічно вигідними, що стимулює розвиток їх комерційними організаціями;
- технології швидкого монтажу (fast-installation), що значно економить часові ресурси при реалізації проекту СЕС.

Серед перспективних підходів, який відзначений вище для зменшення вартості системи СЕС під ключ та зменшення строків окупності сонячних електростанцій стає перехід на низьковольтні кола живлення постійного струму, що передбачає відмову від інверторів, які складають 30—40 % вартості всієї сонячної системи. Там, де можливість використати енергію сонячних панелей напряму, тобто без використання ланки перетворення постійного струму в змінний (інвертор) можна використати низьковольтні кола 12—24 В (DC) постійного струму, або кола 250-400В (DC) безпосередньо від самих сонячних батарей напряму. Вартість самих батарей 0.8-0.9\$/Вт потужності, що значно дешевше ніж в системах з інверторами 1,1—1,3 \$/ Вт.

Також активно розвивається комплексні системи сонячних панелей з вбудованим акумулятором. Також використовуються технології прикладного локального застосування сонячних батарей — як варіанти розміщення фотомодулів інтегрованих в елементи існуючих будівельних споруд, які можуть перетворити галузь у масштабне використання альтернативних джерел енергії в локальних пристроях і будівництві. Наприклад, технологія «сонячних доріг», що передбачає інтеграцію сонячних батарей в дорожнє полотно з паралельним використанням і площі покриття і економії ресурсів [45].

У пошуках альтернативних джерел енергії в багатьох країнах чимало уваги приділяють вітроенергетиці. Використання вітроустановок має такі переваги:

- низька собівартість – вітроенергетика може конкурувати з ядерною, вугільною та газовою енергетикою;
- нульова вартість паливної складової, джерело енергії невичерпне і присутнє в необмеженій кількості;
- екологічно прийнятна енергетика – виробництво енергії не супроводжується викидами двоокису вуглецю;
- вітроенергетика не має ризиків, пов'язаних із нестабільністю цін на викопне паливо;
- надійність поставок – вітроенергетика дозволяє уникнути залежності від імпорту енергоресурсів;
- модульний дизайн, швидкий монтаж;
- електропостачання за обсягами порівнянне з традиційними способами генерації;
- вітроенергетика не заважає веденню сільського господарства і промислової діяльності поблизу вітростанцій.

Згідно з даними встановлена потужність вітроустановок становить приблизно 300 МВт. Експлуатовані установки здебільше невеликі і мають потужність на рівні 110 кВт. Потенціал вітрової енергії, який може бути використаний до 2030 р., оцінюється в 16 ГВт, причому щорічно можна

виробляти від 25 до 30 Вт/год електроенергії.

Вітрові ресурси величезні і рівномірно розподілені практично по всіх регіонах і країнах. Недостатня сила вітру навряд чи може стати стримуючим чинником розвитку вітрової енергетики в світі. Вітрова енергетика часто характеризується як «стрибкоподібна» і з цієї причини ненадійне джерело енергії. Насправді, зупинки та включення вітрових турбін не є хаотичними. Їх потужність змінна, як у будь-якій іншій енергетичній системі. Потоки енергії – як при споживанні, так і при виробництві – знаходяться під впливом ряду прогнозованих і непрогнозованих чинників.

За прогнозами аналітиків, у найближчі роки вітроенергетика в Україні буде розвиватися швидше, в порівнянні з іншими видами відновлювальної енергетики, а загальна потужність вітропарків перевищить потужність сонячних станцій в 10 разів. На думку експертів, це зумовлено тим, що в порівнянні з фотоелектричними модулями, при однаковій потужності, вітроустановки займають меншу площу і коштують набагато дешевше. Територія України знаходиться у вигідному положенні для використання вітрових ресурсів. Швидкість вітру у регіонах країни має різне значення і є основним показником для визначення місця розташування вітрових парків та окремих вітрових електроустановок [46].

## 4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ЗАПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ЗАХОДІВ

4.1 Економічні збитки КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» за забруднення навколишнього середовища

Суб'єкти господарювання, юридичні особи, які не провадять господарську діяльність, бюджетні установи, громадські та інші підприємства, установи та організації, які здійснюють на території України і в межах її континентального шельфу та виключної (морської) економічної зони є платниками податку за: викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення; скиди забруднюючих речовин у водні об'єкти; розміщення відходів (крім розміщення окремих видів відходів як вторинної сировини, що розміщуються на власних територіях (об'єктах) суб'єктів господарювання); утворення радіоактивних відходів (включаючи вже накопичені); тимчасове зберігання радіоактивних відходів їх виробниками понад установлені особливими умовами ліцензії строк.

Під стаціонарним джерелом забруднення атмосфери розуміють підприємство, цех, агрегат, установку або інший нерухомий об'єкт, який зберігає свої просторові координати протягом певного проміжку часу та здійснює викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Під пересувним джерелом забруднення атмосферного повітря розуміють транспортний засіб, рух якого супроводжується викидом в атмосферу забруднюючих речовин.

Об'єктом та базою оподаткування є: обсяги та види забруднюючих речовин, які викидаються в атмосферне повітря стаціонарними джерелами; обсяги та види забруднюючих речовин, які скидаються у водні об'єкти; обсяги та класи розміщених відходів, крім обсягів та видів відходів як вторинної сировини, які розміщуються на власних територіях суб'єктів господарювання;



обсяги та категорія радіоактивних відходів, що утворюються внаслідок діяльності суб'єктів господарювання або тимчасово зберігаються понад установлені особливими умовами ліцензії строк; обсяги електричної енергії, виробленої експлуатуючими організаціями ядерних установок (атомних електростанцій) [47].

Відповідно до статті 11 Закону України від 16 жовтня 1992 року №2707-ХІІ «Про охорону атмосферного повітря» із змінами і доповненнями передбачено, що викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами можуть здійснюватися у випадку отримання дозволу, який видається територіальним органом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів за погодженням із територіальним органом спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань охорони здоров'я.

Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами можуть здійснюватися на підставі дозволу, виданого суб'єкту господарювання, об'єкт якого належить до першої групи, центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері охорони навколишнього природного середовища, за погодженням з центральним органом виконавчої влади, що реалізує державну політику у сфері санітарного та епідемічного благополуччя населення.

Платниками екологічного податку до бюджету є суб'єкти господарювання (в тому числі орендарі стаціонарних джерел забруднення), якими безпосередньо здійснюються викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення [48].

Таким чином підприємство «Вінницяміськтеплоенерго» сплачує екологічний податок за викиди в атмосферне повітря забруднюючих речовин стаціонарними джерелами.

Екологічний податок за викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря, розраховують за формулою 4.1.

(4.1)

де  $M_i$  – фактичний обсяг викиду  $i$ -тої забруднюючої речовини в тоннах;  
 $H_{pi}$  – ставки податку в поточному році за тону  $i$ -тої забруднюючої речовини у гривнях.

Розрахунок податку з котельні №1 обчислено за формулою (4.1) і приведено в таблиці 4.1

Таблиця 4.1 – Розрахунок плати за викиди ЗР в атмосферу (2019р.)

№	Найменування речовини	Ставка податку, грн./т	Викиди т/рік	Розмір плати, грн./рік
1	Нітроген (IV) оксид	2451,84	0.57	1397.55
2	Сульфур (IV) оксид	2451,84	0.09	220.66
3	Карбон (II) оксид	92.37	6.91	638.27
4	Зола	92.37	0.07	6.46
5	Метан	138.57	0.04	5.54
6	Нітроген (I) оксид	2451.84	0.03	73.55
	Усього	-	891.64	2342.03

За даними таблиці 4.1 підприємство сплачує 2342.03 грн за викиди в атмосферне повітря 891.64 тонни забруднюючих речовин за рік.

Розрахунок податку з котельні №2 обчислено за формулою 4.1 та приведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок плати за викиди ЗР в атмосферу

№	Найменування речовини	Ставка податку, грн./т	Викиди т/рік	Розмір плати, грн./рік
1	Нітроген (IV) оксид	2451,84	9.722	23836.8
2	Карбон (II) оксид	92.37	8.412	777.02
3	Метан	138.57	0.126	17.46
4	Нітроген (I) оксид	2451.84	0.012	29.42
	Усього	-	7044.905	24660.7

За даними таблиці 4.2 підприємство сплачує за рік 24660.7 грн. за викиди в атмосферу 7044.905 т/рік.

Отже 2 котельні підприємства викидають в атмосферне повітря 7936.5 тон забруднюючих речовин за рік, сума екологічного податку становить 27002.73 грн/рік.

#### 4.2 Розрахунок еколого-економічної доцільності впровадження ресурсозберігаючих заходів

На балансі КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» знаходиться 40 котелень та одна ТЕЦ. Розрахунок фінансового ефекту проводили для котельні яка знаходиться за адресою вул. Стрілецька 57. Котельня працює на газу, та споживає – 3670450 м<sup>3</sup>/рік газу.

Розраховують чистий дохід від впровадження ресурсозберігаючих заходів на підприємстві у вигляді використання вітроустановок і сонячних панелей. Строк реалізації проекту 4 роки. У випадку негативного фінансового ефекту необхідно розрахувати строк окупності проекту. Чистий дохід від

впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих заходів на конкретному підприємстві розраховують за формулою (4.2) [23]:

$$* ( ) \quad (4.2)$$

де,  $V_{en}$  – вартість зекономленого палива, грн./рік;

$P_b$  – плата за викиди забруднюючих речовин в навколишнє середовище, грн./рік;

$P_z$  – плата за нанесену шкоду здоров'ю населення, грн./рік (приймаємо 1000 грн./рік);

$K_t$  – капіталовкладення в природоохоронні і ресурсозберігаючі заходи, грн.;

– термін впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих заходів, років.

Вартість зекономленого палива розраховується за формулою (4.3):

$$<_i n^* E_n , \quad (4.3)$$

де,  $n$  – вартість палива, грн. ( значення  $n$  для природного газу становить 5.59 грн./м<sup>3</sup>);

$E_n$  – кількість зекономленого палива, м<sup>3</sup>/рік.

$$<_i 5.59* 3670450 \quad 20.51 \text{ млн. грн./рік}$$

Плата за викиди забруднюючих речовин в навколишнє середовище розраховується за формулою (4.4):

$$I \setminus \sum_{i=1}^n (M_i \cdot G_i), \quad (4.4)$$

де,  $M_i$  – обсяг викиду забруднюючої речовини, т.;

$H_{oi}$  – ставка податку за тону і-тої забруднюючої речовини, грн./т (табл. 4.3)

Таблиця 4.3 – Ставка податку за викиди забруднюючих речовин

Назва забруднюючої речовини	Ставка податку, грн./т
Оксиди нітрогену	2451.84
Оксиди сульфуру	2451.84
Оксиди карбону	92.37
Тверді речовини	92.37

За відсутності даних по викидах забруднювальних речовин їх обсяг обчислюють за формулою (4.5):

$$F = q \cdot N, \quad (4.5)$$

де,  $q$  – питомі викиди забруднюючої речовини, при спалюванні природного газу:  $SO_2$  – 0.0037 кг/м<sup>3</sup>,  $NO_x$  – 0.0031 кг/м<sup>3</sup>, CO – 0.0051 кг/м<sup>3</sup>, пил – 0.0007 кг/м<sup>3</sup>.

Знаходимо обсяг забруднюючої речовини:

$$F_{SO_2} = 0.0037 \cdot 3670450 = 135806 \text{ (кг.)}$$

$$F_{NO_x} = 0.0031 \cdot 3670450 = 124795 \text{ (кг.)}$$

$$F_{кн} 0.0051 3670450 187192 \text{ (кг.)}$$

$$F_{ibe} 0.0007 3670450 25693 \text{ (кг.)}$$

Знаходимо плату за викиди забруднюючих речовин в навколишнє середовище (4.4) :

$$I \setminus (13.5 \ 245184) \ (12.4 \ 245184) \ (18.7 \ 9237) \ (2.5 \ 9237) \ 6546088 \\ \text{(грн./рік)}$$

Капіталовкладення у вітрову або сонячну енергетику розраховуємо за формулою (4.6) :

$$D W \frac{k}{8760} E_n \ c, \quad (4.6)$$

де,  $k$  – питомі капіталовкладення у виробництво 1кВт·год енергії (для вітроустановок  $k = 15000$  грн. на 1кВт·год виробленої енергії, для сонячних панелей  $k = 30000$  грн. на 1 кВт·год.);

$c$  – теплоємність палива, яке замінюється, кВт/м<sup>3</sup> ( для природного газу становить 11.4 кВт/м<sup>3</sup>).

$$D \setminus \frac{15000}{8760} 3670450 11.4 \ 7113332 \text{ (грн.)}$$

$$D \setminus \frac{30000}{8760} 3670450 11.4 \ 14226664 \text{ (грн.)}$$

Знаходимо чистий дохід від впровадження природоохоронних і ресурсозберігаючих заходів (4.2) :

$$Q_{\text{в}} (2051781\text{т} 6546088 1000) 71133321 9354089 \text{ (грн.)}$$

$$Q_{\text{к}} (2051781\text{т} 6546088 1000) 142266642 2240756 \text{ (грн.)}$$

Отже, чистий дохід при встановленні вітрових установок чи сонячних панелей становить 93 540 890 грн. і 22 407 569 грн. відповідно. Тому при заміні традиційного виду палива на альтернативне (вітрові установки чи сонячні панелі) ми отримаємо вигоду.

## 5 РОЗРОБКА РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ВПРОВАДЖЕННЯ ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КП ВМР «ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО»

На основі отриманих даних по діяльності підприємства та детального їх аналізу, виявлено, що підприємство впливає на навколишнє середовище шляхом забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод і земельних угідь. Виявлено що підприємство теплоенергетичної галузі найбільший вплив здійснює на атмосферу. На підприємстві здійснено деякі природоохоронні заходи по охороні атмосферного повітря а саме, встановлено:

- електрофільтри;
- циклони.

Оскільки даних природоохоронних заходів не достатньо для досягнення рівня викидів основних забруднюючих речовин, які не перевищують ГДК, то існує необхідність до впровадження додаткових екологічних заходів, які можна розділити на два напрями:

- 1) Група заходів, які усувають наслідки які виникли внаслідок роботи наявних на підприємстві природоохоронних заходів;
- 2) Група заходів, які націлені не на вирішення проблем які виникають, а попередження їх виникнення.

Вплив забруднюючих речовин від запровадження методів очистки (електрофільтр, циклон) не забезпечують досягнення очищення (ККД) 100% то рекомендуємо то рекомендуємо удосконалити дані методи шляхом таких природоохоронних заходів:

- 1) Ведення сорбенту в електрофільтри. Використання цього методу передбачає встановлення «мокрого» ступеня електрофільтрів – отримання вапняного молока із подальшим введенням його через напірний бак і спеціальні форсунки в камеру електрофільтру. Після ведення сорбенту в камеру електрофільтра починається реакція, при якій відбувається регулювання процесу очищення, подачею сорбенту в камеру золоочисної установки, підвищений ступінь очищення двоступеневою установкою при вловлюванні твердих



частинок;

2) Введення сорбенту в скрубери – передбачає встановлення після електрофільтрів мокрих скрубєрів із коагуляторами Вентурі;

3) Каталітичний метод – застосовується для знезараження оксидів нітрогену. Процес відновлення проходить на поверхні каталізатора в присутності газу – відновника. Ці каталізатори забезпечують високу ступінь очистки газу;

4) Пил який утворюється при роботі електрофільтрів та циклонів можна використовувати у виробництві будматеріалів чи ґрунтових добрив.

Оскільки перераховані вище заходи є локальними і вони не вирішують проблеми, а допомагають із нею боротися, то доцільно запроваджувати заходи які попереджуватимуть виникнення забруднюючих речовин. Тому для зменшення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря внаслідок роботи теплоенергетичної галузі, доцільно буде запроваджувати такі заходи екологічної безпеки, а саме:

– Будівництво електростанцій;

– Заміна котлів які працюють на вугіллі, на твердопаливні котли які працюють на палетах.

На основі літературного огляду наведеного в 1 розділі актуальним буде заміна в роботу підприємства електростанцій. Електростанція – це сучасна блочно-модульна котельня, в якості палива для якої використовується електрика. Така котельня являє собою два або більше утеплених блок-модуля з повністю змонтованим в заводських умовах необхідним обладнанням. Електростанція призначена для подачі теплової енергії, гарячого водопостачання в автоматичному режимі роботи, без постійної присутності персоналу. Теплова потужність електроустановки варіюється в межах від 2,5 кВт до 30 кВт .

Електростанції можуть замінити існуючі комунальні газові котельні і теплоелектроцентралі (ТЕЦ), більшість яких спалюють газ. Особливо ефективно розпочинати будівництво електростанцій на місці і замість ТЕЦ. У цьому разі інвестиції окупляться дуже швидко. Виведення з енергоринку ТЕЦ (особливо

найдорожчих) дасть колосальний економічний вигреш, який може бути використаний як інвестиційний ресурс для будівництва електрокотелень і забезпечить їхню окупність у найкоротші терміни. Ще один аргумент на користь електрокотелень замість ТЕЦ — їх повна гармонія з навколишнім середовищем [41]. Адже вони як промислові об'єкти чистіші за газові ТЕЦ і на порядок кращі за ТЕЦ на вугіллі. Отже, ці об'єкти ідеально підходять для розміщення поблизу і в населених пунктах. Будівництво електрокотелень на базі існуючих ТЕЦ заощадить час, необхідний для відведення земельного майданчика та будівництво теплових комунікацій для передачі тепла споживачам. Як правило, спрощується робота з приєднання нових об'єктів до електричних мереж [49].

Електрокотельні використовують для опалення і гарячого водопостачання житлових приміщень, громадських та соціально значущих об'єктів. Принцип роботи електрокотельні полягає в тому, що під дією електричного струму в котлі відбувається нагрів води, її розширення і рух по трубах системи опалення. В даний час випускаються автоматизовані електрокотли.

Переваги таких електрокотелень:

– Повна автоматизація. Високий рівень технологічної оснащеності, застосування найсучаснішого і надійного устаткування, засобів автоматизації, безпеки і контролю забезпечує надійне функціонування електрокотелень, а також скорочує експлуатаційні витрати, виключаючи постійну наявність оперативного персоналу.

– Високий ККД і екологічність. Електрика - це поширене, досить доступне і екологічне паливо. Котельня, що працює на електриці дає майже 100% ККД і не завдає шкоди навколишньому середовищу.

Хоча електрокотельні в зв'язку із стрімким вичерпанням та росту цін на природний газ стають альтернативою для теплопостачання, залишається важливим питання вартості і часу окупності. Питомі капіталовкладення на будівництво електрокотелень оцінюються фахівцями на рівні 400–450 дол. за кВт установленної потужності. Це у рази менше порівняно з іншими варіантами

заміщення газу вугіллям [50]. Висока енергоємність та вартість електроенергії вимагає пошуку шляхів зменшення витрат електроенергії на теплопостачання. Зменшення витрат на електроенергію можна досягти внаслідок використання альтернативних джерел енергії, а саме сонячних панелей. Перевагами застосування сонячних панелей є:

- загальнодоступність і невичерпність джерела енергії;
- безпека для навколишнього середовища;
- автономність системи;
- інноваційність.

Основним недоліком запровадження сонячних панелей та електродіодів є їх вартість, однак це компенсується терміном експлуатації та доходом внаслідок роботи сонячних панелей та виробітку енергії. Розрахунок доходу від впровадження сонячних панелей описано в 4 розділі. До того ж не потрібно витратити кошти на дорогі будівельні роботи – прокладку труб, купівлю котла тощо – усе те, що необхідне при проведенні газового опалення. Потужність теплонакопичувача підбирається з розрахунку 50-60 Вт потужності приладу на 1 м<sup>2</sup> площі приміщення при теплових втратах на рівні 60-70 Вт/м<sup>2</sup> та висоті стелі до 3 м. Система накопичення тепла в приладах слідкує, щоб було накопичено рівно стільки теплової енергії, скільки потрібно для обігріву приміщення протягом робочого дня. Електричне опалення безпечне для здоров'я, воно не спалює кисень і не забруднює навколишнє середовище [51].

## ВИСНОВКИ

На основі проведеного аналізу і оцінки впливу шкідливих викидів ТЕС України на навколишнє середовище, виявлено, що нинішня енергоекологічна ситуація в Україні є складною і потребує докорінних змін у паливно-енергетичному комплексі. Проблема подолання енергоекологічної кризи повинна стати одним з пріоритетних завдань нашого суспільства та його зобов'язанням перед європейським та світовим співтовариством.

У даній роботі наведено аналітичний огляд літературних джерел, а також висвітлено питання забруднення навколишнього середовища викидами забруднюючих речовин. Проаналізовано вплив підприємств теплоенергетичного комплексу України на довкілля. Охарактеризовано основні етапи екологізації виробництва теплової енергетики.

В основній частині роботи:

- 1) Надано детальний опис теплоенергетичної промисловості України;
- 2) Проведено детальний аналіз діяльності підприємства КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго»;
- 3) Охарактеризовано джерела забруднення атмосферного повітря на підприємстві;
- 4) Проведено розрахунок доходу від запровадження ресурсоенергозберігаючих заходів на підприємстві;
- 5) За допомогою програми Mathcad Professional розраховано максимальні приземні концентрації забруднюючих речовин;
- 6) Розроблено практичні рекомендації по екологізації виробництва на підприємстві;
- 7) Розраховано та оцінено економічні збитки КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» за забруднення атмосферного повітря.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Заставний Ф.Д. Економічна і соціальна географія України: навчальний посібник / Заставний Ф.Д. – Львів: Світ, 1994. – 472 с.
2. Розміщення продуктивних сил України: Посібник для самостійного вивчення дисципліни / [ під ред. Дорогунцова С.І.]. – Київ: КНЕУ, 2000. – 364с.
3. Долінський А.А. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації, у 2-ох томах / Долінський А.А., Басок Б.І., Базєєв Є.Т., Піроженко І.А. – Київ, 2007. – 828 с.
4. Долінський А.А. Теплоенергетика джерело фінансових ресурсів / Долінський А.А., Носач В.Г., – Київ, 2000. – 505 с.
5. Зелена книга «Зменшення шкідливих викидів у тепловій електроенергетиці України через виконання вимог Європейського енергетичного співтовариства» / Міжнародний центр перспективи дослідження. – К., 2011. – 43 с.
6. Сердюк О. С. Сучасний стан та перспективи розвитку українських ТЕС / О. С. Сердюк // Економічний вісник Донбасу. – 2016. – №3(45). – С. 4 –10.
7. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://mre.kmu.gov.ua>
8. Журавльов Є.П. Екологічний вектор розвитку енергетики. / Є.П. Журавльов // Екологія і промисловість, 2005. – С. 26 – 31.
9. Качинський А.Б. Екологічна безпека України: системний аналіз перспектив покращення. – К.: НІСД, 2001. – 312 с.
10. Розвиток теплоенергетики і гідроенергетики [електронний ресурс]: Режим доступу: <http://energetika.in.ua/ua/books/book-3/intro>
11. Энергетическая стратегия мирового ТЭК до 2020г., авторский коллектив под руководством Яновского А.Б., 2001 год.

12. Клименко Л. П. Техноекологія / Клименко Л.П. – Сімферополь : «Таврія», 2000. – 472с.
13. Когенерация и централизованное теплоснабжение: наилучшая практика для муниципалитетов: Доклад Секретариата Энергетической Хартии. – Електронні дані. – 2014. – Режим доступу: <http://www.encharter.org>
14. Порядок доведення до споживачів інформації про перелік житлово-комунальних послуг; структуру цін, тарифів; зміну цін, тарифів з обґрунтуванням її необхідності та про врахування відповідної позиції територіальних громад [Електронний ресурс]: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 30 липня 2012 р. № 390. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1380-10>
15. Світовий ринок систем опалення. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://teplo.com/\\_review155.html](http://teplo.com/_review155.html)
16. Пронюк Г. В. Основні джерела забруднення атмосферного повітря / Г. В. Пронюк // Вісник Київського національного університету технологій та дизайну. – 2009. – № 1 (45). – С. 32–35.
17. Клименко В. Г. Забруднення атмосферного повітря / В.Г. Клименко, О.Ю. Цигічко // Харків. – 2010. – С. 28.
18. В.І. Степура. Украинский кондиционерный рынок: динамичное развитие в свете мировых тенденций/ В.І. Степура // “Сантехніка. Опалення. Кондиціонування”. – 2007.– № 5. – С. 21– 25.
19. Малкін Е.С. До питання приготування та використання омагніченої води / Е. С. Малкін, Н. Є. Журавська, Л. П. Мележик // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Технічні науки. – 2015. – №1. – С.66 – 72.
20. Малкін Е. С. Удосконалення енергоресурсозберігаючих технологій виробництва бетонних виробів з використанням омагніченої води / Е. С. Малкін, Н. Є. Журавська // Проблеми водопостачання,

- водовідведення та гідравліки: Науково–технічний збірник. – К. : КНУБА. – 2014. –№1 – С.174–180.
21. Миронова Н.Г. Техноекоелогія. Дистанційний курс / Н.Г. Миронова// Інтернет ресурс. – Режим доступу: [http://lubbook.org/book\\_576.html](http://lubbook.org/book_576.html).
  22. Енергетична стратегія України на період до 2030 року, схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 15 березня 2006 р. № 145. – 129 с.
  23. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива / Сигал И. Я. – Недрa, Ленинградское отд., 1988. – 311 с.
  24. Пасенко А.В. Ресурсоенергозберігаюча технологія переробки шламу – відходу переочищення води на ТЕС / А.В. Пасенко // II-й Всеукраїнський з'їзд екологів з міжнародною участю.– 2009. – С.241.
  25. Запольський А.К. Екологізація харчових підприємств / Запольський А.К., Українець А.І. – К.: Вища шк., 2005. – 423 с.
  26. Маляренко В.А. Энергетические установки и окружающая среда / Варламов Г.Б., Любчик Г.Н., Стольберг Ф.В., Широков С.В., Шутенко Л.Н. – Харьков: ХГАГХ, 2002. – 398 с.
  27. Білявський Г.О. Основи екології / Білявський Г.О., Фурдуй Р.С – К.: Либідь, 2005. – 408с.
  28. Патент № 6 Рукавний фільтр / Єрохін О.В., Осипенко В.Д. – від 17.06.2002 р.
  29. Варламов Г.Б. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії: підручник / Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. – К.: «Політехніка», 2003. – 232 с.
  30. Білявський Г.О. Основи екологічних знань / Білявський Г.О., Фурдуй Р.С., Костіков І.Ю. – Київ: Либідь, 2000. – 336 с.
  31. Батлук В.А. Основи екології та навколишнього середовища: навчальний посібник / Батлук В.А. – Львів: Афіша, 2001. – 333 с.

32. Офіційний сайт КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» [Електронний ресурс]: Режим доступу <http://vmte.vn.ua/index.html>
33. Список предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных мест. – Донецк, 2000. – 35с.
34. Інструкція про зміст та порядок складання звіту проведення інвентаризації викидів забруднюючих речовин на підприємстві. КНД 211.2.3.014 – 95,К., 1995. – 24с.
35. Офіційні дані підприємства КП ВМР Вінницяміськтеплоенерго
36. Збірник показників емісій (питомих викидів) забруднюючих речовин в атмосферне повітря різними виробництвами. – Донецьк: УНЦТЕ, 2004. – 156 с.
37. Симонович С.В. Информатика: Базовый курс / Симоновича С.В. – С-П.: Питер, 1999. – 621с.
38. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД – 86. – Ленинград: Госкомгидромет, 1987. – 183с.
39. Джигирей В.С. Екологія та охорона навколишнього природного середовища / Джигирей В.С. – К.: Либідь, 2006. – 154 с.
40. Драганов Б. Х. Експлуатації теплоенергетичних установок і систем / Драганов Б.Х. – Київ. Аграрна освіта, 2009. – 230с.
41. Малкін Е. С. Удосконалення енергоресурсозберігаючих технологій виробництва бетонних виробів з використанням омагніченої води / Е. С. Малкін, Н. Є. Журавська // К. : КНУБА. – 2014. – №24. – С.174–180.
42. Классен В. И. Омагничивание водных систем / В. И. Классен. – М. : Легпромбытиздат. – 1982.
43. Алиев М. И. Магнитная обработка водных систем / М. И. Алиев, Д. М. Агалеров. – М., 1981. – С. 85–87.



44. Види сонячних електростанцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://ishop.sutem.com.ua/articles/topics/solar\\_energy/SES](http://ishop.sutem.com.ua/articles/topics/solar_energy/SES).
45. Кожем'яко В.П. Оптимізація проектів будівництва сонячних електростанцій із врахуванням базових техніко-економічних показників/ В.П. Кожем'яко, О.Г. Домбровський, В.І. Майновський. – 2008.– 16с.
46. Півняк Г.Г. Альтернативна енергетика в Україні/ Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабень // Дніпропетровськ.НГУ. – 2013. – 110с.
47. Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього середовища. Затверджено Наказом Мінекобезпеки та ДПА №162/379 від 19.07.99р.
48. Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору. Затверджено постановою КМУ від 012.03.99 р. №303, зі змінами та доповненнями.
49. Параска Г.Б. Оцінка ефективності використання електричних систем опалення/ Г.Б. Параска, О.А. Миколюк // Енергетика: економіка, технології, екологія, 2015. – №4.– С.7.
50. Степанов Д.В. Енергоефективність електростанції для теплопостачання навчального закладу/ Д.В. Степанов, В.О. Богомаз// ВНТУ.– 4с.
51. Домбровський В.Г. Аналітичний огляд сучасних технологій фотоелектричних перетворювачів для сонячної енергетики/ В.П. Кожем'яко, В.Г. Домбровський, В.Ф. Жердецький, В.І. Маліновський// Оптико-електричні інформаційно-енергетичні технології. – 2011. – №2.– С. 142-157.

**ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет  
Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ЕЕБ,  
к. т.н., доц.  
\_\_\_\_\_ В.А.Іщенко  
(підпис)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

**ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

на магістерську кваліфікаційну роботу  
**ОБГРУНТУВАННЯ ЗАХОДІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ КОМУНАЛЬНОГО  
ПІДПРИЄМСТВА ВІННИЦЬКОЇ МІСЬКОЇ РАДИ  
«ВІННИЦЯМІСЬКТЕПЛОЕНЕРГО»**  
за спеціальністю 101 – «Екологія»  
01.МКР.101.01.000ТЗ

Керівник магістерської кваліфікаційної  
роботи: к. х. н. ст. викладач  
\_\_\_\_\_ Т.І. Сидорук  
(підпис)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Розробив: студент гр. ЕКО-18м  
\_\_\_\_\_ А.С.Прадівляна  
(підпис)  
“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Вінниця ВНТУ 2019

### 1. Підстава для проведення робіт.

Підставою для виконання роботи є наказ № \_\_\_\_\_ по ВНТУ від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 р., та індивідуальне завдання на МКР, затверджене протоколом № \_\_\_\_\_ засідання кафедри ЕЕБ від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 201\_ р.

### 2. Мета роботи

Метою роботи є дослідження впливу КП ВМР «Вінницяміськтеплоенерго» у м. Вінниця на довкілля та розроблення рекомендацій для зменшення його негативного екологічного впливу.

### 3. Вихідні дані:

Характеристики джерел викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря підприємства.

### 4. Етапи роботи і терміни їх виконання:

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання		
2.	Робота з літературними джерелами. Вибір оптимального програмного середовища для розв'язання задачі		
3.	Проведення розрахунків		
4.	Аналіз забруднюючих речовин		
5.	Рекомендації по екологізації підприємства		
6.	Оформлення пояснювальної записки		
7.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури		

### 5. Призначення і галузь використання

Розробка може бути використана підприємствами теплоенергетичної галузі для зменшення викидів забруднюючих речовин у атмосферне повітря та забруднення довкілля.

### 6. Вимоги до розробленої документації

Пояснювальна записка і графічна частина.

### 7. Порядок приймання роботи

Публічний захист роботи “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Початок розробки ”\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019 р.

Граничні терміни виконання МКР ”\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2019р.

Розробила студентка групи ЕКО-18м \_\_\_\_\_ А.С.Прадівляна

## ДОДАТОК Б ВИХІДНІ ДАНІ

Таблиця Б.1 – Характеристика твердопаливних котлів Ardenz

Твердопаливний котел Ardenz T-600		
Характеристика	Одиниця вимірювання	Показник
Потужність	кВт	600
Фонд роботи	Год/рік	7010
Вид палива	-	Дрова
Висота димової труби	м	15
Діаметр димової труби	м	0.4
Споживання палива	кг/год	200
	т/рік	500
	г/с	55.6
Твердопаливний котел Ardenz T-200		
Характеристика	Одиниця вимірювання	Показник
Потужність	кВт	200
Фонд роботи	Год/рік	4337
Вид палива	-	Дрова
Висота димової труби	м	15
Діаметр димової труби	м	0.25
Споживання палива	кг/год	60
	т/рік	200
	г/с	16.7

Таблиця Б.2 – Характеристика котлів VITOMAX котельні №2

Котел VITOMAX 100 M 148 №1		
Характеристика	Одиниця вимірювання	Показник
Потужність	МВт	5
Фонд роботи	год/рік	4604
Висота димової труби	м	45
Споживання палива	м <sup>3</sup> /год	571
	м <sup>3</sup> /рік	1223483
	т/рік	913,942
VITOMAX 100 M 148 №2		
Потужність	МВт	5
Фонд роботи	год/рік	3318
Висота димової труби	м	45
Споживання палива	м <sup>3</sup> /год	572
	м <sup>3</sup> /рік	1223483
	т/рік	913,942
VITOMAX 100 M 148 №3		
Потужність	МВт	5
Фонд роботи	год/рік	1827
Висота димової труби	м	45
Споживання палива	м <sup>3</sup> /год	565
	м <sup>3</sup> /рік	1223483
	т/рік	913,942

ДОДАТОК В РОЗРАХУНОК ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТАЦІЇ НІТРОГЕН (IV)  
ОКСИДУ

$D := 1.39$	$N := 2$			
$V1 := 2.067$				
$\omega0$	$\omega0 := \frac{4 \cdot V1}{\pi \cdot D^2} +$	$\omega0 = 1.362$		
$\Delta T := 75$	$H := 33$			
$f := 1000 \cdot \frac{(\omega0)^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}$	$f = 0.032$	$V := V1 \cdot N$	$V = 4.134$	
$v := 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H \cdot N}}$	$v = 1.089$			
$v_1 := 1.3 \cdot \frac{\omega0 \cdot D}{H}$	$v_1 = 0.075$			
$f_1 := 800 (v_1)^3$	$f_1 = 0.332$	$f := 7.134$		
$m := \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}}$		$m = 0.628$		
$v := 1.089$	$f_1 := 0.332$			
$n := 0.532 \cdot v^2 - 2.13 \cdot v + 3.13$	$n = 1.441$			
$d$	$d := 4.95 \cdot v \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f_1})$	$d = 6.436$		
$F := 1$	$H := 33$			
$x$				
$x := \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H$	$x = 212.377$			
$A := 200$				
$M := 2.7208$				
$F := 1$				
$m := 0.628$				
$n := 1.441$				
$\eta := 1$				
$H := 33$	$V := 4.134$	$\Delta T := 75$	$N := 2$	
$C_1 := \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V \cdot \Delta T}}}{H^2}$	$C_1 = 0.084$			

ДОДАТОК Г РОЗРАХУНОК ПРИЗЕМНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ КАРБОН (II)  
ОКСИДУ

$$\begin{aligned}
 D &:= 1.39 & N &:= 2 \\
 V_1 &:= 2.067 \\
 \omega_0 & & \omega_0 &:= \frac{4 \cdot V_1}{\pi \cdot D^2} & \omega_0 &= 1.362 \\
 \Delta T &:= 99 & H &:= 33 \\
 f &:= 1000 \cdot \frac{(\omega_0)^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} & f &= 0.024 & V &:= V_1 \cdot N & V &= 4.134 \\
 v &:= 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V \cdot \Delta T}{H \cdot N}} & v &= 1.194 \\
 v_1 &:= 1.3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H} & v_1 &= 0.075 \\
 f_1 &:= 800 (v_1)^3 & f_1 &= 0.332 & f &:= 10.134 \\
 m &:= \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \cdot \sqrt[3]{f}} & m &= 0.58 \\
 v &:= 1.089 & f_1 &:= 0.332 \\
 n &:= 0.532 \cdot v^2 - 2.13 \cdot v + 3.13 & n &= 1.441 \\
 d & & d &:= 4.95 \cdot v \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f_1}) & d &= 6.436 \\
 F &:= 1 & H &:= 33
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 x & & x &:= \frac{5 - F}{4} \cdot d \cdot H & x &= 212.377 \\
 A &:= 200 \\
 M &:= 0.58 \\
 F &:= 1 \\
 m &:= 1.276 \\
 n &:= 1.441 \\
 \eta &:= 1 \\
 H &:= 33 & V &:= 4.134 & \Delta T &:= 99 & N &:= 2 \\
 C_1 &:= \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot \sqrt[3]{\frac{N}{V \cdot \Delta T}}}{H^2} & C_1 &= 0.033
 \end{aligned}$$



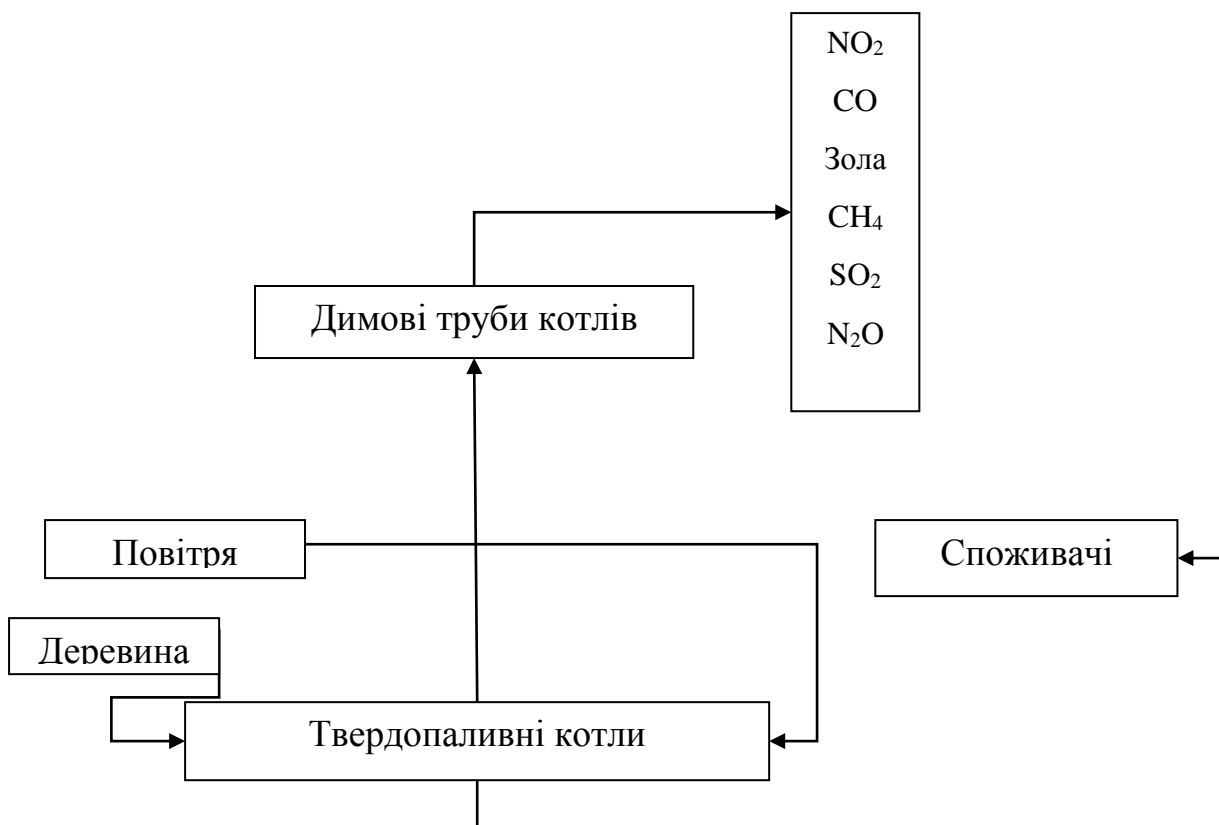


Забруднюючі речовини, які викидаються на підприємстві  
«Вінницяміськтеплоенерго».

Речовина	ГДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки
Нітроген (IV) оксид (NO <sub>2</sub> )	0,085	2
Нітроген (I) оксид (N <sub>2</sub> O)	0,6	2
Зола ТЕС	0,5	2
Карбон (II) оксид (CO)	3,0	4
Метан (CH <sub>4</sub> )	50	-
Сульфур (IV) оксид (SO <sub>2</sub> )	0,5	3

					<b>01.МКР.07.00.001 ГЧ</b>				
					Забруднюючі речовини, які викидаються на підприємстві «Вінницяміськтеплоенерго».	Літ.		Мас	Масштаб
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Прадівляна А.С.							
Перевірів		Сидорук Т.І.							
Т.контр.						Аркуш 1		Аркушів 5	
Рецензент		Гордієнко О.О.				ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.							
Затвердив		Іщенко В.А.							

# Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря



					<b>01.МКР.07.00.002 ГЧ</b>					
					Викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря	Літ.		Маса		Масштаб
<b>Зм.</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>						
Розробив		Прадівляна А.С.								
Перевірів		Сидорук Т.І.								
Т.контр.						Аркуш 2		Аркушів 5		
Рецензент		Гордієнко О.О.				ВНТУ, ЕКО-18м				
Н. контр.		Васильківський І.В.								
Затвердив		Іщенко В.А.								

Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря з джерела  
викиду №2

VITOMAX 100 M 148 №1			
Речовина	К <sub>i</sub> , г/ГДж	М <sub>i</sub> , г/с	М <sub>i</sub> , т/рік
NO <sub>2</sub>	83,245	0,840	3,490
CO	65,750	0,660	2,756
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	0,005	0,042
VITOMAX 100 M 148 №2			
NO <sub>2</sub>	62,015	0,835	2,60
CO	66,816	0,656	2,793
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	0,005	0,042
VITOMAX 100 M 148 №3			
NO <sub>2</sub>	86,638	0,859	3,632
CO	68,290	0,670	2,863
N <sub>2</sub> O	0,1	0,0005	0,004
CH <sub>4</sub>	1	0,005	0,042

					<b>01.МКР.07.00.003 ГЧ</b>				
					Валові викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря з джерела викиду №2	Літ.	Маса	Масштаб	
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Прадівляна А.С.							
Перевірів		Сидорук Т.І.							
Т.контр.						Аркуш 3		Аркушів 5	
Рецензент		Гордієнко О. О.			ВНТУ, ЕКО-18м				
Н. контр.		Васильківський І.В.							
Затвердив		Іщенко В.А.							

Розрахунок плати за викиди ЗР в атмосферу

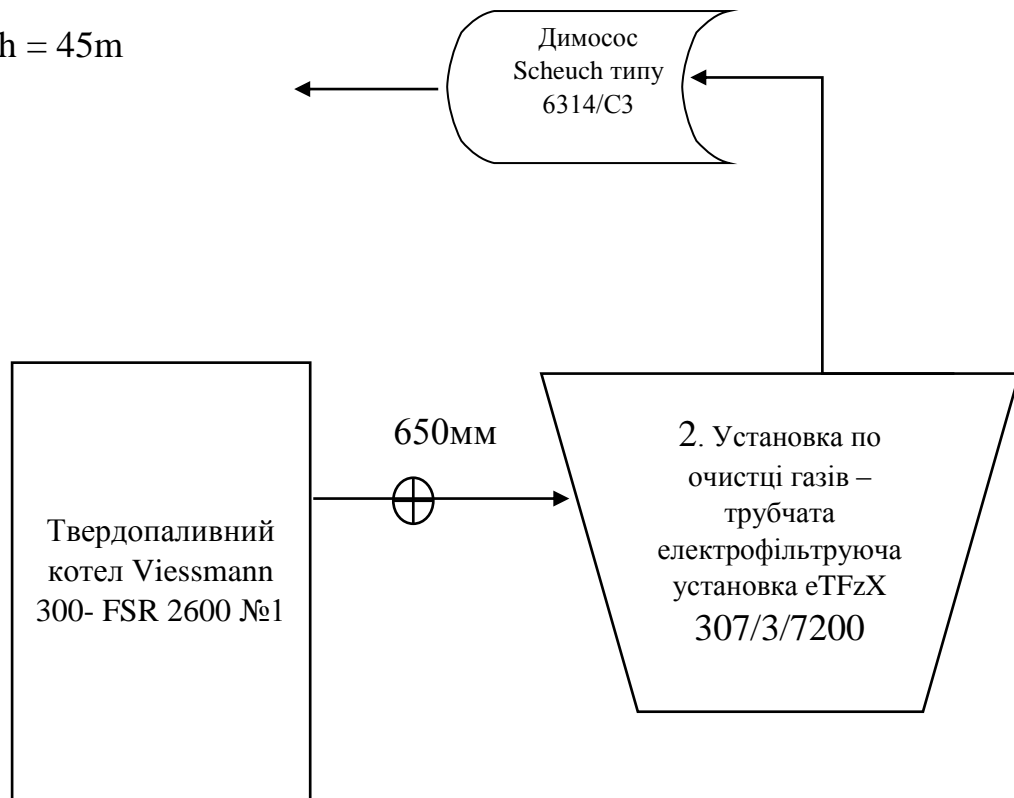
№	Найменування речовини	Ставка податку, грн./т	Викиди т/рік	Розмір плати, грн./рік
1	Нітроген (IV) оксид	2451,84	9.722	23836.8
2	Карбон (II) оксид	92.37	8.412	777.02
3	Метан	138.57	0.126	17.46
4	Нітроген (I) оксид	2451.84	0.012	29.42
	Усього	-	7044.905	24660.7

					<b>01. МКР.07.00.004 ГЧ</b>				
					Розрахунок плати за викиди ЗР в атмосферу	Літ.		Маса	Масштаб
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					
Розробив		Прадівляна А.С.							
Перевірів		Сидорук Т.І.							
Т.контр.						Аркуш 4		Аркушів 5	
Рецензент		Гордієнко О.О.				ВНТУ, ЕКО-18м			
Н. контр.		Васильківський І.В.							
Затвердив		Іщенко В.А.							



# Схема установки по очистці газів електрофільтром

Вихід  $h = 45\text{m}$



					<b>01. МКР.07.00.005 ГЧ</b>					
					Схема установки по очистці газів електрофільтром	Літ.		Маса		Масштаб
<b>Зм.</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>						
Розробив	Прадівляної А.С.									
Перевірів	Сидорук Т.І.									
Т.контр.						Аркуш 5		Аркушів 5		
Рецензент	Гордієнко О.О				ВНТУ, ЕКО-18м					
Н. контр.	Васильківський І.В.									
Затвердив	Іщенко В.А.									