

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Головне управління освіти і науки Черкаської облдержадміністрації
Черкаське обласне територіальне відділення МАН України

Відділення: хімія, біологія
Секція: хімія

ОЗОННИЙ МЕТОД ОЧИЩЕННЯ ГАЗІВ ВІД ТОКСИЧНИХ СПОЛУК В
ПРОЦЕСІ ГОРІННЯ

Роботу виконав:
Хімченко Олександр Сергійович,
учень 10 класу
Черкаської загальноосвітньої
школи I – III ступенів №15

Науковий керівник:
Столяренко Геннадій Степанович
завідувач кафедри хімічної
технології неорганічних речовин,
професор, доктор наук

Керівник:
Стеценко Ірина Володимирівна
Вчитель хімії вищої категорії,
вчитель-методист, Черкаська
загальноосвітня школа
I – III ступенів № 15

Озонний метод очищення газів від токсичних сполук в процесі горіння

Хімченко Олександр Сергійович

Черкаське територіальне відділення МАН України

Черкаська загальноосвітня школа I – III ступенів № 15

Черкаської області, 10 клас, місто Черкаси

Стеценко Ірина Володимирівна, вчитель хімії вищої категорії, вчитель методист, Черкаської загальноосвітньої школи I – III ступенів № 15 Черкаської області, міста Черкаси

Серед основних забруднювачів атмосферного повітря спеціальне місце займають оксиди нітрогену. Незважаючи на те, що на частину природних джерел забруднення повітря приходиться більш ніж 93% оксидів нітрогену, все ж найбільшу небезпеку створюють штучні джерела забруднення повітря, пов'язані з діяльністю людини, в першу чергу процеси спалювання палива. На відміну від природних, штучні джерела забруднення відрізняються крайньою нерівномірністю розподілення. Більш ніж 51 млн. тон на рік у всьому світі потрапляє в атмосферу оксидів нітрогену з продуктами згорання твердого, рідкого та газового палива і лише 2,4 млн. тон викидає хімічна промисловість. Отже, у зв'язку з цим цілком очевидно це і є **актуальність** даної роботи.

Предмет дослідження: токсичні димові гази.

Мета дослідження: зниження токсичності димових газів.

Основні завдання дослідження: розробити технологічну схему пригнічення утворення оксидів нітрогену при спалюванні палива.

Ми розробили технологічну схему, пригнічення утворення оксидів Нітрогену при спалюванні палива. Суттю процесу пригнічення NO_x , являється подача пароповітряної озono-радикальної суміші, безпосередньо в зону горіння.

В цій праці ми використовували кілька методик аналітичного контролю:

- Йодометричний метод визначення озону в газовій фазі.
- Спектрофотометричний метод визначення озону в газовій фазі.
- Фотоколориметричний метод визначення концентрації озону.

У роботу включалися рН-метр і СФ-16., фотоколориметр, ротаметр, спектрофотометр, газоаналізатор.

В теперішній час озонному методу очистки приділяється все більше уваги. Озонно-каталітичний метод являється практично єдиним методом зниження вмісту NO_x на стадії очистки димових газів.

Запропоновані методи дозволяють знизити концентрацію оксидів Нітрогену на виході до 80%, що не під силу жодному з існуючих на теперішній час методів.

Ці методи не потребують великих змін у технологічній схемі, тобто вони не потребують великих капіталовкладень, а значить, є ефективними з економічної та екологічної точки зору, тому що дозволяють знизити втрати від забруднення навколишнього середовища.

На мою думку необхідно в найкоротші строки впровадити дану технологію у виробництво.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	7

РОЗДІЛ 2 УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	
2.1. Опис лабораторної установки.....	9
2.2. Методика проведення експерименту на лабораторній установці.....	11
2.3. Методики аналітичного контролю.....	12
2.3.1. Йодометричний метод визначення озону в газовій фазі.....	12
2.3.2. Спектрофотометричний метод визначення озону в газовій фазі.....	13
2.3.3. Фотоколориметричний метод визначення концентрації оксидів нітрогену.....	14
2.3.4. Готування основних розчинів натрій нітрату.....	15
РОЗДІЛ 3 РЕЗУЛЬТАТИ ДСЛІДЖЕННЯ.....	18
ВИСНОВКИ.....	24
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	26
ДОДАТКИ.....	27

ВСТУП

Сучасний науково-технічний процес, бурхливий розвиток промисловості і збільшення автомобільного транспорту, створення умов для розширення сфери

матеріального виробництва від його масштабів, задоволення матеріальних і духовних потреб суспільства – створили ряд проблем в галузі охорони навколишнього середовища [1].

Серед основних забруднювачів атмосферного повітря особливе місце займають оксиди Нітрогену. Незважаючи на те, що на частину природних джерел забруднення повітря приходиться більш ніж 93% оксидів Нітрогену, все ж найбільшу небезпеку створюють штучні джерела забруднення повітря, пов'язані з діяльністю людини, в першу чергу процеси спалювання палива. На відміну від природних, штучні джерела забруднення відрізняються крайньою нерівномірністю розподілення. Більш ніж 51 млн. тон на рік у всьому світі потрапляє в атмосферу оксидів Нітрогену з продуктами згоряння твердого, рідкого та газового палива і лише 2,4 млн. тон викидає хімічна промисловість.

До найбільше значних галузей промисловості, (див. табл. 1) відповідальним за зниження чистоти повітряного басейну відноситься енергетична промисловість, хімічна, металургійна і коксохімічна промисловість, виробництво будівельних матеріалів, гірська індустрія тощо [2]. Окрім прямого впливу таких компонентів, як NO_x , SO_2 , $\text{C}_n\text{H}_m\text{CO}$ та інші, токсичність яких загально визначені, треба враховувати весь комплекс складних перетворень у повітрі під впливом ультрафіолетового та інфрачервоного випромінювання.

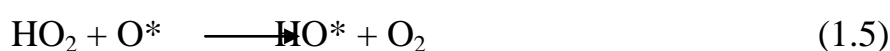
Цей процес детально був вивчений, досліджений механізм реакції, каталітичний вплив часток пилу та потужності випромінювання.

Якісний аналіз складу викидів з основних джерел забруднення, що поданий у виді публікацій (див. табл. 2), дає можливість систематизувати основні газоподібні отруйні компоненти пилу й аерозолі по галузях виробництв. Найбільше поширеними і масовими поллюантами є кислотні оксиди (карбон(IV) оксид, диоксид нітрогену, диоксид сульфуру), а також вуглеводні [3].

Більшість реакцій відноситься до термо- та фотоокисних процесів, які призводять до утворення з'єднань особливого виду, які носять назву

фотооксиданти, що мають сильні окислювальні властивості. Вони обумовлені синтезом озону і кисневмісних радикалів: O_3 , O^* ; HO^* ; HO_2^* .

У природі кисловмісні радикали легко вступають в реакції гасіння радикалів [4]:



Ці реакції протікають з дуже високою швидкістю, час існування радикалів залежить від їх концентрації і не перевищує $10^{-2} - 10^{-6}$ с. Ці реакції призводять до зниження вмісту карбон (II) оксиду (1.2) і органічних сполук в атмосфері проте реакція (1.1) призводить до різкого зниження рН середовища, а при конденсації аерозолів в хмарах є відповідальним за зниження рН опадів. І це один з аспектів, чому оксиди нітргену представляють велику загрозу з точки зору екології. Що стосується проблеми очищення від аерозольних викидів, ті промислові методи для таких компонентів, як пил, сажа, окисли заліза, аерозолі солей, достатньо докладно вивчені і викладені в різноманітних публікаціях.

Останнім часом проблема очищення від кислих домішок і вуглеводнів залучає все більшу увагу дослідників. Це знайшло відбиток у рості потоку інформаційних джерел, від соціально-економічних до правових і науково-технічних.

Висновки до вступу

Використавши попередньо озоновані водні розчини, можна штучно отримати оксигеновмісні радикали O^* , HO^* , HO_2^* , які в зоні горіння вступають в хімічні реакції з компонентами палива та атомарним киснем, пригнічуючи утворення токсичних сполук [5,8].

РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

Унікальні масштаби задач, роз'язок принципово нових питань, з'являються при розробці систем зниження вмісту токсичних домішок в потужних газових потоках при видобутку електроенергії на ТЕЦ. Обмежимося джерелами пригнічення і методами дефіксації основного компонента – оксидів нітрогену.

На даному етапі існують такі основні методи пригнічення утворення оксидів нітрогену в топках котлів [9, 10]:

- рециркуляція димових газів в зону горіння;
- двустадійне або багатостадійне спалювання палива;
- дозування води або пари в зону горіння;
- використання нових видів пальників;
- введення в паливо спеціальних присадок.

Перелічені методи дуже добре описані в ряді робіт та монографій.

Озонні методи зниження токсичності димових газів електростанцій поділяються на абсорбційні методи очищення газових потоків і методи придушення утворення токсичних сполук в процесі горіння палива [11].

Газова технологія очищення базується на високошвидкісних окислювальних процесах:



Після отриманих вищих оксидів вони поглинаються водою з утворенням нітратної кислоти:



Гетерофазні озонні методи використовують попередньо наситивши по озону водні розчини з високошвидкісними радикальними реакціями:



Економічно доцільно досліджувати гетерофазний метод при придушенні токсичних сполук в зоні горіння. Г. С. Столяренко, Ю. А. Крижановский, Л. Н.

Кравчук [11]. Винахід відноситься до енергетики і може бути використаний в енергетичних установках, працюючих на газоподібному паливі. Винахід дозволяє знизити концентрацію токсичних домішок в зоні горіння. Повітря, що подається на змішування з паливом, потрапляє в озонатор, де синтезується озон в кількості 1/500 –1/250 по відношенню до палива. Потім озono-повітряна суміш через пористу кераміку дифундує через шар неорганічного лужного абсорбенту, наприклад розчину їдкого натру, барботує через нього. Розчин, маючий рН в межах 10,5 –11,5 переходить в піноподібний стан. Витрати повітря підтримується таким чином, щоб коефіцієнт надлишку повітря при спалюванні складав 1,15–1,2. Після проходження через абсорбер окислювач подають в зону горіння.

У цьому випадку утворюються радикали HO^* і HO_2^* , вони не тільки знижують вміст нітроген (IV) оксид, але й до окислюють оксиди карбону і вуглеводню, що призводить до високого ступеня токсичних з'єднань при горінні.



Досягнутий максимальний ступінь придушення утворення NO_x при додержуванні оптимального значення усіх параметрів 80 %.

В теперішній час озонному методу очистки приділяється все більше уваги. Озонно-каталітичний метод являється практично єдиним методом зниження вмісту NO_x на стадії очистки димових газів.

Особливої уваги заслуговує процес дозування озону безпосередньо до зони горіння. Головною перевагою використання озонного дуття є можливість пригнічення недопалу при зниженні коефіцієнту надлишку повітря.

В праці [11] приведені стислі результати викладених результатів досліджень по вивченню утворення паливних оксидів Нітрогену.

Висновки: необхідно дослідити вірогідність використання озонованих розчинів для зниження токсичності димових газів.

РОЗДІЛ 2

УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Опис лабораторної установки.

Лабораторні досліди проводилися на модельній установці, що складається з блока одержання озону, реактора насичення озоном води, блока сушки повітря і блока визначення концентрації продуктів горіння аналізованого газу.

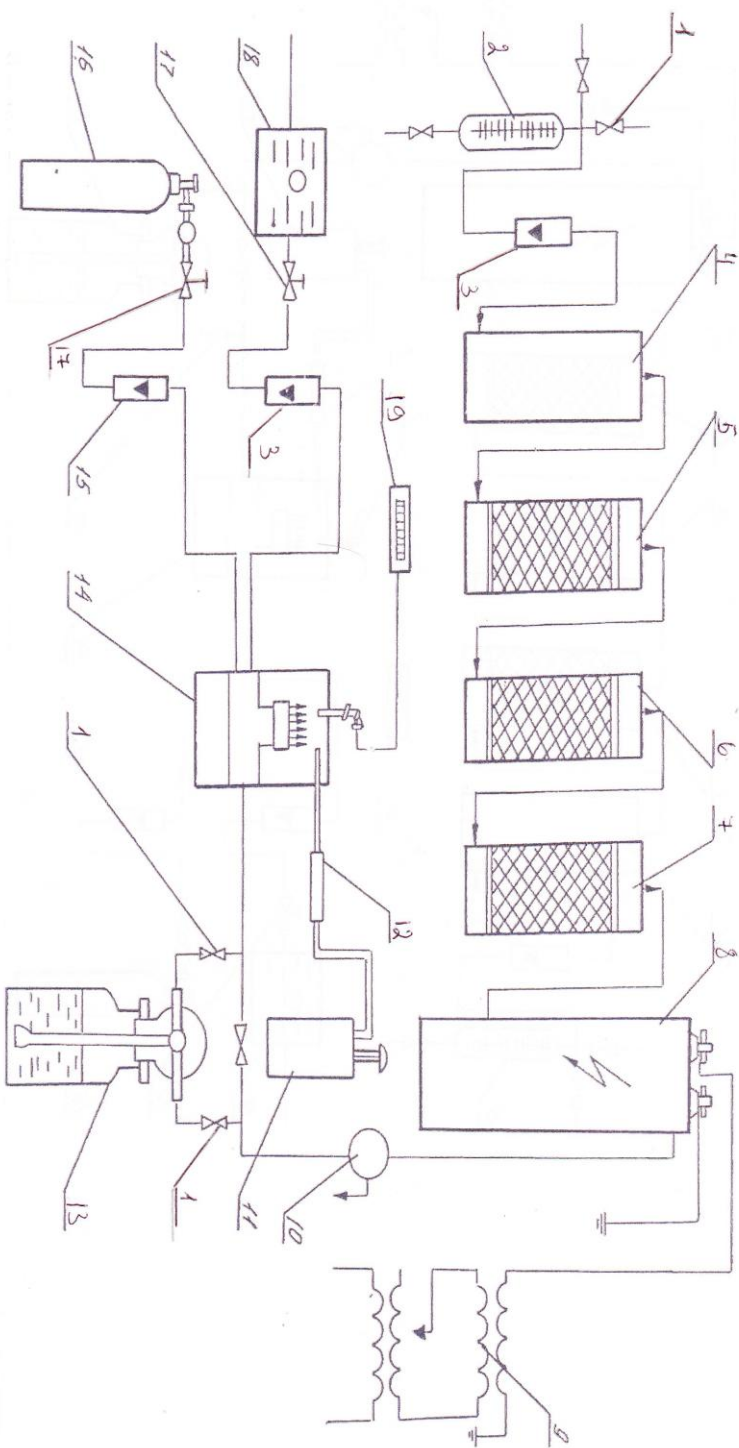
Озон утворюється дією тихого електричного розряду на осушене повітря, яке пропускається через генератор повітря.



Генератор озону являє собою фактично випромінювач, що складається з двох частин - електродів, розташованих на невеликій відстані один від одного. Конструктивно електроди виконані у виді двох концентрично розташованих циліндрів. Якщо приєднати електроди до джерела перемінного току високої напруги (10kv), то між ними почнеться утворення озону.

Повітря нагнітається повітродувкою у вузол сушки газового потоку (4,5,6,7), що являє собою ряд послідовно сполучених склянок Дрекселя, заповнених сульфатною кислотою та «алюмоден» силікагелем. Повітря проходить глибоку сушку до вологовмісту не більш 0,05 г/см³. Після сушки повітря направляється в озонатор (8). Щоб уникнути точкові підводки електроенергії до внутрішніх електродів, в якості електродів використовується 2% розчин купрум (II) сульфату. На електроди подається напруга (10kv). Зазор між електродними трубками, де синтезувався озон, складає 1-1,5 мм. Блок озонування регулятора напруги і підвищуючого трансформатора.

Блок спалювання досліджуваного газу складається з газового балона (16), повітродувки (18), газового пальника (14), ротаметра витрат газу (15), ротаметр повітря (3), регулювального вентиля на лінії газу і дроселя на лінії повітря (17).



Мал.1. Схема лабораторної установки з досліджень озono-радикального паро-повітряного дуття: 1-регулюючі вентилі; 2-манометр; 3-ротаметр повітря; 4,5,6,7-система осушки та очистки повітря; 8-озонатор; 9-підвищуючий трансформатор; 10-аналіз на озон; 11,12-газ на аналіз; 13-реактор; 14-газовий паливник; 15-ротаметр природного газу; 16-газовий балон; 17-регулятор; 18-компресор; 19-потенціометр.

2.2 Методика проведення експерименту на лабораторній установці

Перед початком роботи включалася вентиляція й оглядалася цілісність заземлення озонаторів і спектрофотометру, а також рН-метру.

Після перевірки окремих блоків технологічної схеми на герметичність, включали компресор, що подавав повітря в загальний колектор лабораторії. Вентилем тонкого регулювання встановлювали точну витрату повітря в блок генерації озону. На трансформатор подавалася напруга 10000 В, що визначалася вольтметром на регулюванні регулятора напруги.

У роботу включалися рН-метр і СФ-16. Після виходу приладів рН-метра, СФ-16 і озонатора на режим, проводиться вимір концентрацій озону на спектрофотометрі й відбір проби для йодометричного методу. При доборі проби для аналізу озона, обсяг озонованої суміші фіксувався газовим лічильником, а витрата ротаметром.

Потім, у роботу включали блок спалювання пропано-бутанової суміші. Для цього на газовий пальник подавалася пропаново-бутанова суміш із балона і повітря з загального колектора лабораторії. Витрата газу встановлювався по ротаметру за допомогою вентиля. Запалювалося полум'я.

Через 35 хвилин робилася серія дослідів із подачею на газовий пальник:

- 1 – повітря;
- 2 – повітря, насичене радикалами;
- 3 – озон і повітря;
- 4 – озонована суміш, насичена парами води;
- 5 – повітря.

Для контролю за режимом спалювання пропаново-бутанової суміші, робилися досліді на початку і кінці серії.

Для насичення повітря й озонованої суміші застосовувалася вода з різноманітним рН, що вимірювалася за допомогою рН-метра.

Серії дослідів проводилися при різноманітних режимах подачі газу і повітря, при різноманітних рН води і при різноманітних температурах води.

Визначення концентрації продуктів горіння в зоні полум'я – методом лінійно-колориметричним за допомогою універсального переносного газоаналізатора.

Відключення схеми проводилося в зворотному порядку.

2.3 Методики аналітичного контролю [5,6,7]

2.3.1 Йодометричний метод визначення озону в газовій фазі

Для визначення озону в газовій фазі використовувався йодометричний метод. До схеми підключалася лінія газового аналізу, що складає верб абсорбційної судини (склянка Дрекселя), реометра й газових часів. Для поглинання озону використовувалася фосфатно-буферна суміш, що складається з розчину натрій гідроген - та дигідрогенфосфату , що готувалася розчиненням 18 г Na_2HPO_4 й 1,8 г NaH_2PO_4 у 1 літрі дистильованої води.

Для аналізу використовувалися розчини калій йодиду та натрій тіосульфату (KI , $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) 0,1- н концентрації.

У склянку Дрекселя заливалася суміш, що складається з 7 мл 0,1 н розчину KI і 20 мл буферної суміші.

Газовий потік пропускався через розчини, витрата встановлювалася по реометру і газовому лічильнику. Потім, вміст склянки Дрекселя оттитровувався 0,1-н розчином натрій тіосульфату. Для контролю точки еквівалентності використовувався 0,1 н розчин крохмалю з додаванням 0,25 г/л саліцилової кислоти.



Концентрація озону в газовому потоку обчислюється по формулі:

$$C = \frac{112 * n}{V_0} \quad , \quad (2.5)$$

де: 112 - коефіцієнт перерахунку;

n - сумарна кількість 0,1- н тіосульфату натрію;
 V_0 обсяг газу, приведений до нормальних умов
 ($P = 1.013.105 \text{ Па}$, $T = 273^\circ\text{C}$)

$$V_0 = \frac{V * P}{P'(1 + 0,00367 * T)}, \quad (2.6)$$

де: V_0 - обсяг газу, вимірюваного при температурі,
 $T \text{ К}$ і барометричному тиску P , Па,
 $P_n = 101,325 \text{ кПа} = 10325 \text{ Па}$ - нормальний тиск;
 $1 + 0,00367$ - коефіцієнт перерахунку.

2.3.2 Спектрофотометричний метод визначення озону в газовій фазі.

Паралельно з використанням йодометричного методу, для визначення концентрації озону в газовій фазі, застосовується спектрофотометричний метод.

На спектрофотометрі СФ-16 вимірюються коефіцієнт пропускання досліджуваного зразка, рівний відношенню інтенсивності потоку випромінювання, що пройшло **через що** вимірюється зразок, до інтенсивності потоку випромінювання, що падає **на що** вимірюється зразок, коефіцієнт якого приймається за одиницю, і виражається формулою

$$T = \frac{I}{I_0} \cdot 100, \% . \quad (2.7)$$

У монохроматичний потік одержання по черзі вводять контрольний зразок і зразок що вимірюється. При введенні контрольного зразка стрілку міліамперметра призводять регулюванням на центральний штрих міліамперметра і розмір сталого при цьому світлового потоку приймається за 100% пропускання. Розмір коефіцієнта пропускання відраховувався по шкалі потенціометру, відградуваний у відсотках пропускання пропорційно опорів потенціометра.

Для проведення рівнобіжних аналізів була складена схема лабораторної установки. Озонований газовий потік з озонатора направлявся в газову кювету, а потім пропускався через склянку Дрекселя з розчином і фосфатно-буферною сумішшю.

Відбір проб проводився після виходу дозатора на постійні режим роботи при різноманітній витраті повітря й обсязі пропускання озонової суміші через склянку Дрекселя. Коефіцієнт пропускання вимірювався при довжині хвилі $\lambda=254$ нм у кюветі $I=100$ мм. Калібрований графік побудований шляхом кореляції.

2.3.3 Фотокolorиметричний метод визначення концентрації оксидів нітрогену.

При доборі проби в евакуйовану колбу з розчином гідроген пероксиду, оксиди нітрогену поглинаються й окиснюються до нітратної кислоти:



Одночасно також відбувається поглинання амоніаку (у випадку його присутності в очищеному газі) з утворенням амоній гідроксиду:



Нітратна кислота, що утворилася, цілком або частково (у залежності від масової концентрації амоній гідроксиду) нейтралізується з утворенням амоній нітрату:



При додаванні до розчину натрій гідроксиду нітрат-йони зв'язуються в термічно стійке з'єднання:



При наступному випаровуванні розчину амоніак цілком випаровується, а в залишку залишається лише натрій нітрат.

Вимір маси нітрат йонів NO_3^- у нелетучому залишку засновано на розчиненні цього залишку в суміші саліцилової і сульфатної кислот. При цьому в сильноокислому середовищі утвориться 2,4,6-тринітрофенол (пікринова кислота), що при наступній нейтралізації надлишку кислоти натрій гідроксидом переходить у натрій пікрат, що офарблює розчин у жовтий колір.

Оптичну щільність отриманих розчинів вимірюють на фотоелектроколориметрі при довжині хвилі (400 ± 5) нм.

2.3.4 Готування основних розчинів натрій нітрату.

Розчин А: наважка натрій нітрату (попередньо висушеного до постійної маси при температурі 100-1050С), масою 1,8478 г, наважену з похибкою $\pm 0,0002$ г, розчиняють у дистильованій воді в мірній колбі місткістю 1 дм³ і доводять до мітки дистильованою водою. Одержуємо розчин «А» із масовою концентрацією 1 мг/см³ диоксиду нітрогену.

Розчин Б: 1 см³ розчину А переносять піпеткою в мірну колбу місткістю 100 см³ і розводять водою до мітки. Одержуємо розчин «Б» с масовою концентрацією диоксиду нітрогену (NO₂) 0,01 мг/ см³. Розчин «Б» готують перед ужитком.

Добір проби. У пробовідбірну колбу заливають піпеткою 50 см³ розчину гідроген пероксиду й евакууюють її на повітря до залишкового (абсолютного) тиску 67-80 гПа (50-60 мм рт. ст.). Перевіряють герметичність колби, для чого перевертають її шийкою униз: при цьому через розчин гідроген пероксиду не повинно спостерігатися барботування пухирців повітря. Якщо колба герметична, вимірюють залишковий тиск у ній P_1 , з'єднавши її з манометром, і відзначають температуру навколишнього повітря. Перед добором проби газу до пробовідбірної точки приєднують краплеуловлювач, до відростка якого під'єднують У-подібний перехід, до відростка якого під'єднані шматочки гумового шланга з затискачами на кінці.

За допомогою груші провівають пробовідбірну лінію, включаючи краплеуловлювач і У-подібний перехід. Потім до краплеуловлювач під'єднують евакуйовані колби, відчиняють затискачі і крани і відбирають пробу газу протягом 5 хв. Для підвищення точності аналізу відстань від штуцера до евакуйованої колби повинна бути мінімальною.

Колбу з пробкою переносять у помешкання і вміст її струшують протягом 20 хв. для повного поглинання оксидів нітрогену, після чого вимірюють і відзначають залишковий тиск у колбі P_2 і температуру навколишнього повітря. Тиск у колбі вирівнюють з атмосферним, поступово відкриваючи кран.

Виконання вимірів. З пробовідбірної колби піпеткою переносять від 5 до 20 см^3 розчину (у залежності від масової концентрації оксидів нітрогену) у порцелянову чашку і додають 4-5 капель розчину натрій гідроксиду з молярною концентрацією $C(\text{NaOH})=0,1$ моль/ дм^3 . Порцелянову чашку ставлять на водяну баню і випарюють її вміст досуха. Потім додають 3 краплі спиртового розчину саліцилової кислоти, 0,5 см^3 сульфатної кислоти і старанно розтирають скляною паличкою по всій поверхні осаду. Через 5 хв. у чашку додають 5 см^3 дистильованої води, 3 см^3 розчину натрій гідроксиду з масовою часткою 30%, старанно перемішують і вміст чашки кількісно переносять у мірну колбу місткістю 100 см^3 , обсяг рідини в колбі доводять дистильованою водою до мітки і перемішують.

Одночасно з робочою пробкою готуємо розчин порівняння. Для цього в порцелянову чашку вносять розчин пероксид гідрогену, обсяг якого дорівнює обсягу розчину, взятого на пробовідбірній колбі на аналіз. Додають усі реактиви, в тому ж порядку й у таких же обсягах, як і в робочу пробу, і проводять через усі стадії аналізу.

Оптичну щільність робочого розчину вимірюють на фотоелектроколориметрі щодо розчину порівняння при довжині хвилі (400 ± 5) нм (синій світофільтр, для ФЕК-56 М с/ф №3) у кюветах із товщиною робочого прошарку 50 мм.

Обчислення результату вимірів. Об'ємну частку оксидів азоту (X) у газах у перерахунку на диоксид нітрогену (NO_2) у відсотках (%) або масову концентрацію в міліграмах на кубічний метра ($\text{мг}/\text{м}^3$) розраховують по формулах:

$$X = \frac{a * 0,487 * 50 * 100}{n * V_0}; \quad (2.16)$$

$$Y = \frac{a * 50 * 1000 * 1000}{n * V_0}; \quad (2.17)$$

$$V_0 = \frac{(V - 50) * (P_1 - P_2) * 273}{760 * (273 + t)}, \quad (2.18)$$

де, a - маса диоксиду нітрогену (NO_2) у колориметруємому обсязі, знайдена по градуйованому графіку, мг;

0,487 – обсяг нітроген (II) оксиду см^3 , приведений до нормальних умов, еквівалентний 1 мг диоксиду нітрогену (NO_2);

50 - обсяг розчину пероксид гідрогену, залитий у пробовідбірну колбу, см^3 ;

N - обсяг розчину пероксид гідрогену, узятий із пробовідбірну колби для колориметрування, см^3 ;

V_0 - обсяг аналізованого газу, відібраного в колбу, приведений до нормальних умов, см^3 ;

V - місткість пробовідбірної колби, см^3 ;

P_1 - розрідження в колбі перед добором проби газу;

P_2 - розрідження в колбі після добору проби газу;

t - середнє значення температури повітря в помешканні, $^{\circ}\text{C}$.

За результат виміру приймають середнє арифметичне результатів двох рівнобіжних спостережень, розбіжність між якими не перевищує значення, що припускається розбіжності рівній 35 мг/м^3 для діапазону вимірів масової концентрації оксидів нітрогену від 40 до 100 мг/м^3 .

Межі, що припускається значення сумарної відносної похибки вимірів, складають 7,0 % і 9% при довірчій можливості 0,95 відповідно.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Експериментальні дані приведені в таблицях 2.1, 2.2 і 2.3 необхідні для визначення розходу необхідних компонентів для виконання експерименту. По отриманим експериментальним даним, приведених в вищезазначених таблицях, побудовано графіки залежності показань ротаметру від витрат повітря або газу. Ці дані необхідні для визначення коефіцієнту надлишку повітря, та встановлення необхідного режиму перебігу процесу. На рисунках 2.4 і 2.5 приведені дані залежності витрат повітря для пальника, витрат повітря для озонатора та витрат природного газу для пальника від показань ротаметру у відповідній послідовності. Отримані дані дають можливість визначити витрати цих компонентів та встановити параметри, що дають максимальний вихід оксидів нітрогену та експериментально визначити необхідну кількість озону, щоб звести цей вихід до мінімуму.

На основі проведених дослідів визначена залежність ступеня пригнічення утворення оксидів нітрогену від часу життя радикалів. Дані наведені в таблиці. Час життя радикалів визначався на основі даних про розміри трубки, крізь яку подаються синтезовані радикали та витрата озono-радикальної суміші. На основі експериментальних даних, приведених у вищезазначеній таблиці, побудований графік залежності ступеня пригнічення від часу життя радикалу.

Для визначення концентрації озону в озono-повітряній суміші після озонатора використовувався спектрофотометричний метод, який потребує калібрування апарату. На основі отриманих експериментальних даних було побудовано калібрувальний графік залежності концентрації озону від оптичної густини. Друга стадія експерименту передбачає вивчення складу димових газів до використання озono-радикального дуття. Для цього було проведено ряд дослідів, за допомогою яких визначався склад димових газів, також зміна концентрації основних забруднюючих компонентів CO, CO₂ та NO, визначення коефіцієнту надлишку

повітря. Також вибрано режим ,при якому концентрація диоксиду нітрогену максимальна.

Третя заключна стадія експерименту передбачає дозування озono-радикальної суміші в зону горіння. Ця стадія включає ряд дослідів, що передбачають зміну декількох параметрів, насамперед це рН середовище, температура озонного розчину, висота шару лугу, витрати озону. Всі отримані експериментальні дані зводимо до таблиць, на основі яких будемо графіки залежності ступені пригнічення від вище перерахованих параметрів.

Аналізуючи отримані результати можна зробити висновки:

- Найбільша кількість оксидів нітрогену утворюється при $\alpha = 1,06 - 1,1$; Найбільш оптимальне значення рН лужного розчину 10,5-11, підбираємо на основі рис. 3.7;

- Найбільш оптимальні витрати озону 11-12 мг/хв;

- Великий вплив на ступінь пригнічення здійснює температура лужного розчину. При збільшенні температури ступінь пригнічення зменшується (див. рис. 3.6).

- Велике значення для пригнічення має час життя радикалу. При збільшенні часу ступінь зменшується;

На основі результатів дослідження пропонується технологічна схема по пригніченню утворення оксидів нітрогену при спалюванні палива.

Із повітрязаборної шахти повітря подається в ротаційну газодувку, де стискується до тиску 0,08 МПа, охолоджується в охолоджувачі до температури + 25-30 С водопровідною водою й далі через водовіддільник подається в охолоджувач, де охолоджується до +2-5 С.

Глибока сушка повітря проводиться адсорбційними методами в автоматичних **зупинках сушки**. Потім повітря проходить через пилові фільтри й подається в генератори озону, який охолоджується водою. Подача напруги на озонатор проводиться від підвищуючого трансформатора за допомогою високо струмового кабелю.

Таблиця 2.1

Калібровка ротаметру повітря для озонатору

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
20	3,3	3,2	3,25
40	4,5	4,45	4,475
60	6,0	5,8	5,9

Таблиця 2.2

Калібровка ротаметру повітря для пальника

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
10	4,1	4,2	4,15
30	8,1	8,0	8,05
50	11,6	11,6	11,6
70	15,0	15,0	15,0
90	20,5	23,5	22,0

Таблиця 2.3

Калібровка ротаметру природного газу.

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
20	0,4	0,34	0,37
40	0,7	0,7	0,7
60	1,01	0,98	0,99
80	1,23	1,21	1,22

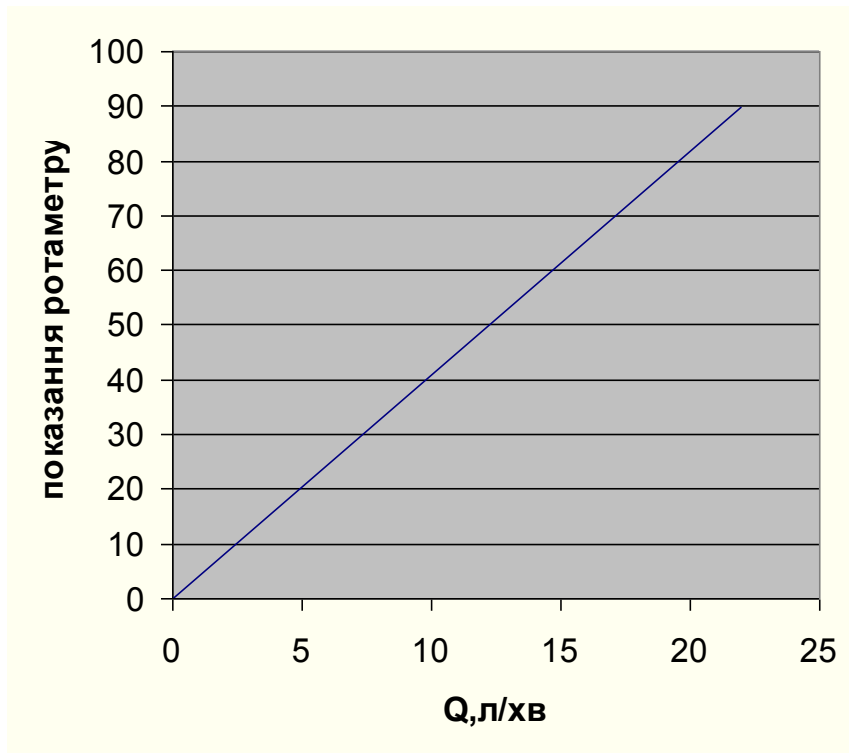


Рис. 3.2—Витрати повітря для пальника

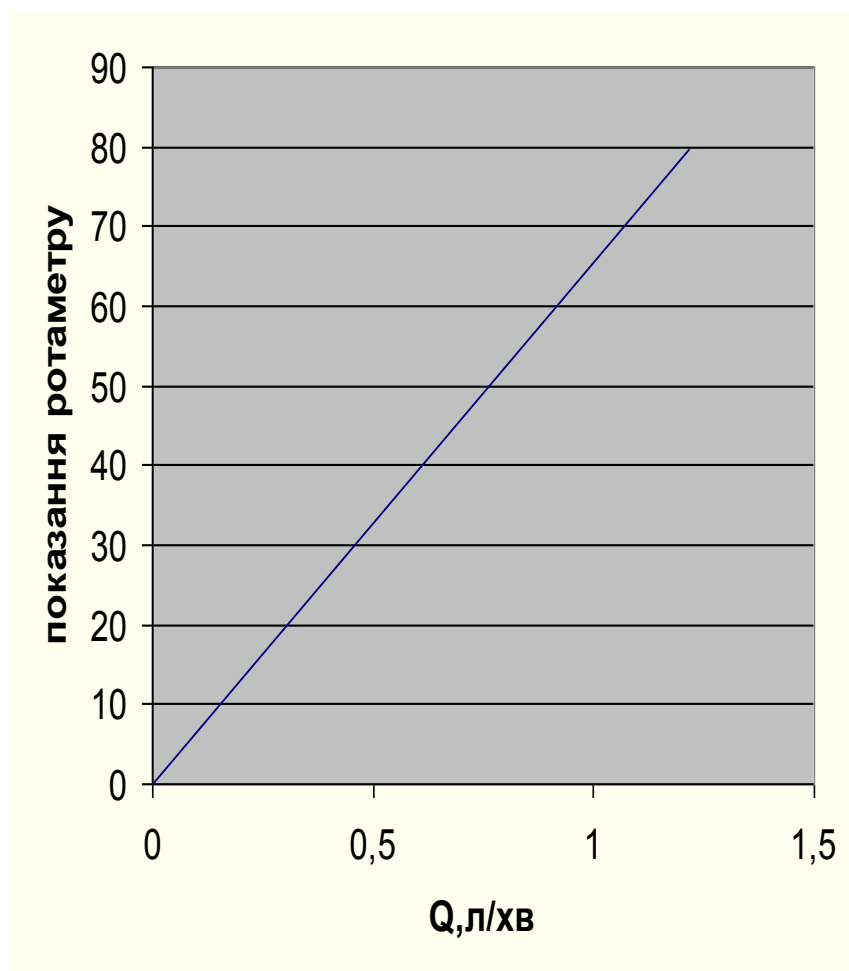


Рис 3.3 — Витрати природного газу для пальника.

ВИСНОВКИ

Темою цієї роботи була розробка технологічної схеми, яка передбачає пригнічення утворення оксидів нітрогену як основних компонентів повітряної суміші, що надходить в атмосферу при спалюванні різних видів палива.

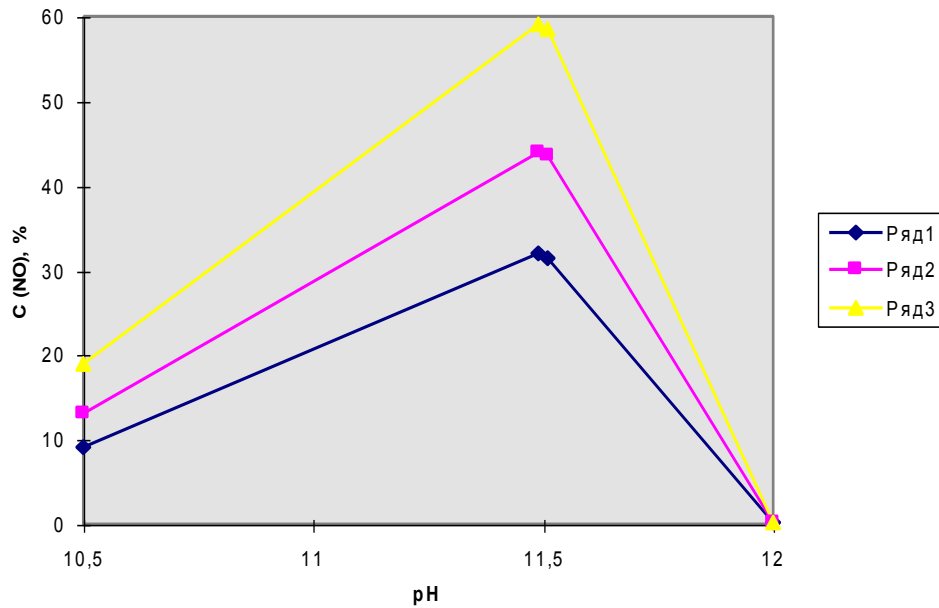
Отже, можна зробити такі висновки:

- ❖ Розроблена схема пропонує зниження концентрації оксидів нітрогену у викидах ТЕС шляхом дозування пароповітряної озono-радикальної суміші в зону горіння. Технологічна схема складається з двох етапів: перший – підготовка повітря (стадія охолодження та осушування), другий – синтез пероксидного радикалу.
- ❖ У нинішній час озонному методу приділяється все більше уваги, як одному з найефективніших методів пригнічення утворення оксидів нітрогену при спаленні палива.
- ❖ Даний метод був випробуваний в лабораторних умовах та показав позитивний результат. Були проведені дослідження пригнічення утворення оксидів нітрогену на пілотній установці малої потужності з багатоканальним пальником при спалюванні газоподібного палива.
- ❖ На основі досліджень запропонована технологія пригнічення утворення оксидів нітрогену при спалюванні газу у котлах ТЕС.
- ❖ Запропонований метод дозволяє знизити концентрацію оксидів нітрогену на виході до 80%, що не під силу жодному з існуючих на теперішній час методів.
- ❖ Цей метод не потребує великих змін у технологічній схемі, тобто він не потребує великих капіталовкладень, а отже, є ефективним з економічної та екологічної точки зору, тому що дозволяє знизити втрати від забруднення навколишнього середовища.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Родионов и др. Техника защиты окружающей среды. –М.: Химия, 1989-512с
2. Рыбацкий Н.Г., Малерова М.А. и др. Экология и безопасность. Справочник. Том 2 , часть 1. Экологическая безопасность.- М.:ВНИИПИ, 1993-293с
3. Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. – Л.: Недра, 1977 – 295 с.
4. Химия горения./Под редакцией У. Гарднера.-М., Мир,1988-464 с.
5. Методики аналитического контроля установки селективной каталитической очистки, отходящих газов производства слабой азотной кислоты с адсорбцией под давлением 3,5 атм., утв. 22/IX-71г, зам. рук. предприятия П. Р-6603
6. Методическая инструкция ЧПО «Азот» № АК –253-71 «Определение окислов азота слабых нитрозных газов».
7. Методика выполнения измерений массовой концентрации или объемной доли оксидов азота в дымовых газах. № А-М-329.
8. Розумовский С.Д., Г.Е. Заиков Озон и его реакции с органическими соединениями. Кинетика и механизм. – М.: наука, 1974 – 324 с.
9. Кузнецов И.В. Защита атмосферного воздуха от загрязнения. – Симферополь: Таврия, 1973 – 123 с.
10. Сахаев В.Г., Щербицкий Б.В. Экономика природопользования и охрана окружающей среды. – К.: Высшая школа, 1987 – 198 с.
11. Озон. Получение и применение. Тезисы докладов II всесоюзная конференция 30.1 –1.2 1991.- М., Московский государственный университет им. Ломоносова., 1991-249 с.

Додаток А.1.

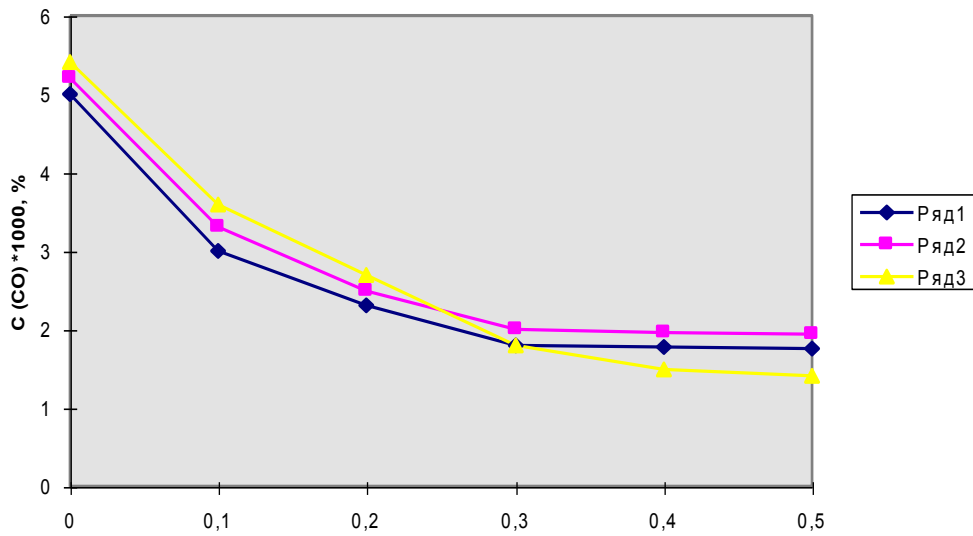


Сведения содержания NO в дымовых газах в зависимости от

Додаток А.2.

Залежність зрушення змісту вуглеводнів від витрат озону при $\alpha = 1,1$, pH=11

Додаток А.3.

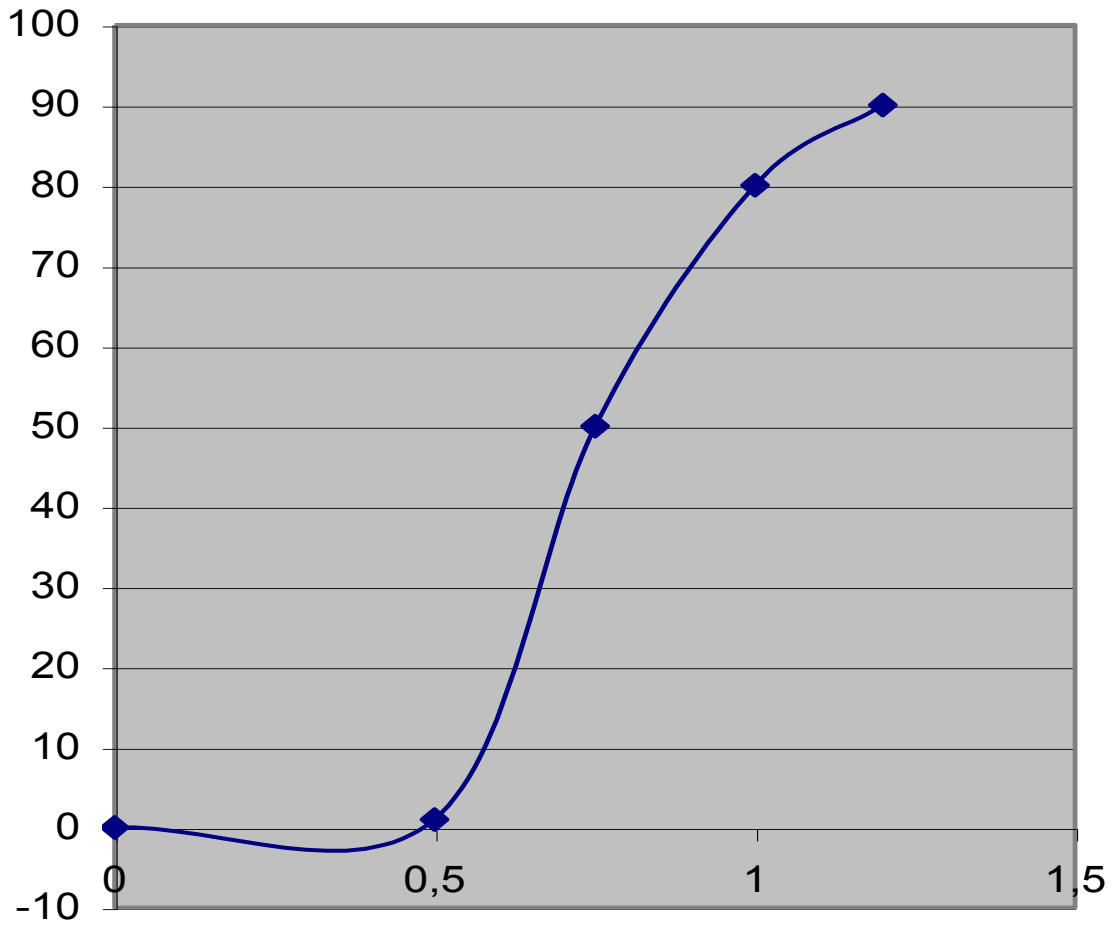


ряд 1 – повітря ряд 2 – вологе повітря

ряд 3 – озоноване вологе повітря

Залежність C_{CO} від α

Додаток А.4.



Залежність ступеню сумарного придушення утворення
шкідливих домішок від зміни α від 1,2 до 1,01

Додаток Б.1.

Кількісна оцінка джерел забруднення атмосферного повітря.

№ п/п	Галузь промисловості	Надходження шкідливих з'єднань в атмосферу, % мас
1	Теплові електростанції	27,0
2	Чорна металургія	24,3
3	Кольорова металургія	10,5
4	Нафтодобування та нафтохімія	15,5
5	Автомобільний транспорт	13,3
6	Промисловість будівельних матеріалів	8,1
7	Хімічна промисловість	1,3

Додаток Б.2.

Якісний аналіз головних джерел забруднення повітря.

Груп підприємств	Викиди	
	Основні газообразні токсичні компоненти	Аерозолі
1	2	3
Енергетична промисловість	Оксиди нітрогену , диоксид сульфуру, карбон (IV) оксид , альдегіди та органічні кислоти	Зола, сажа, канцерогенні з'єднання
Автомобільний транспорт	Карбон (IV) оксид , вуглеводні, оксиди нітрогену, альдегіди, органічні кислоти	Сажа, свинець, канцерогенні з'єднання
Хімічна промисловість	Гідрогенсульфід, органічні з'єднання сульфуру, органічні розчинники, оксиди нітрогену, диоксид сульфуру, пари кислот	Пил, сажа, аерозолі солей та кислот
Металургія та коксохімія	Диоксид сульфуру, карбон (IV) оксид , оксиди нітрогену, амоніак, органічні з'єднання, фтористі з'єднання та ін.	Пил, канцерогенні з'єднання, оксиди заліза
Промисловість будівельних матеріалів	Карбон (IV) оксид , оксиди нітрогену, органічні з'єднання та ін.	Пил, аерозолі солей, канцерогенні з'єднання

Додаток Б.3.

Калібровка ротаметру повітря для озонатору.

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
20	3,3	3,2	3,25
40	4,5	4,45	4,475
60	6,0	5,8	5,9

Додаток Б.4.

Калібровка ротаметру повітря для пальника.

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
10	4,1	4,2	4,15
30	8,1	8,0	8,05
50	11,6	11,6	11,6
70	15,0	15,0	15,0
90	20,5	23,5	22,0

Додаток Б.5.

Калібровка ротаметру природного газу.

Показання ротаметру	I показання газових часів, Дм ³ /хв	II показання газових часів, Дм ³ /хв	Середнє показання газових часів, Дм ³ /хв
20	0,4	0,34	0,37
40	0,7	0,7	0,7
60	1,01	0,98	0,99
80	1,23	1,21	1,22

Додаток Б.6.

Визначення ступеня придушення NO від часу життя радикалу.

Час життя радикалу, с	Ступінь придушення	Ступень придушення	Ступень придушення
0,25	48	50	52
0,5	50	50	50
0,75	12	15	20
1	3	5	7

Додаток Б.7.

Визначення концентрації CO при різних значеннях α .

α	Концентрація	Концентрація	Концентрація
0,8	0,003	0,0027	0,0031
0,9	0,002	0,0018	0,0023
1	0,0019	0,0017	0,0018
1,1	0,0022	0,0019	0,0017
1,2	0,0025	0,0023	0,001

Додаток Б.8.

Визначення концентрації СН при різних витратах озону.

№ досліду	Витрати озону, мг/хв	Концентрація в повітрі , % об.	Концентрація в озонованому вологодому повітрі, % об.
1	2	0.48	0.48
2	2	0.48	0.48
3	2	0.48	0.48
4	4	0.48	0.48
5	4	0.48	0.48
6	4	0.48	0.477
7	5	0.48	0.468
8	5	0.48	0.475
9	5	0.48	0.465
10	7	0.66	0.6
11	7	0.66	0.598
12	7	0.66	0.592
13	10	0,8	0.66
14	10	0,8	0.66
15	10	0,8	0.652