АНАЛІТИЧНЕ ТА ЕКОЛОГІЧНЕ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 543.27.08

ОСОБЛИВОСТІ ПОБУДОВИ ЕЛЕКТРОХІМІЧНОГО ГАЗОАНАЛІЗАТОРА ОКСИДУ ВУГЛЕЦЮ В АТМОСФЕРНОМУ ПОВІТРІ

Міхеєва І.Л., Дашковський О.А., Грабар В.Я. ЗАТ "Всеукраїнський НДІ аналітичного приладобудування" (ЗАТ «Украналіт»), м. Київ, Україна

Проаналізовано основні джерела викидів оксиду вуглецю в атмосферу. Проведено порівняльний аналіз декількох моделей електрохімічних газоаналізаторів. Описано особливості побудови та експлуатації автоматичного ГА оксиду вуглецю.621ЕХ 20

Ключові слова: *електрохімічний газоаналізатор, оксид вуглецю*

Вступ. Постановка задачі

Оксид вуглецю (СО) є високотоксичним забруднювачем атмосферного повітря. За діючими в країнах СНД санітарними нормами середньодобова гранично допустима концентрація ($ГДК_{с.д}$) цього газу в атмосферному повітрі населених пунктів дорівнює - 3,0 мг/м^3, максимально разова для населених пунктів ($ГДК_{м.р}$) - 5,0 мг/м^3, в повітрі робочої зони ($ГДК_{р.з}$)- 20 мг/м^3.

Основними джерелами викидів СО в атмосферу є автотранспорт та стаціонарні об'єкти паливно-енергетичного комплексу (ТЕЦ, котельні). На Рис.1,2 наведена структура газових викидів в атмосферу м. Києва від автотранспорту та стаціонарних джерел [1,2]. Автотранспорт є основним постачальником в атмосферне повітря оксиду вуглецю. Викиди автотранспорту особливо небезпечні тому, що здійснюються в безпосередній близькості від тротуарів у зоні активного пішохідного руху.

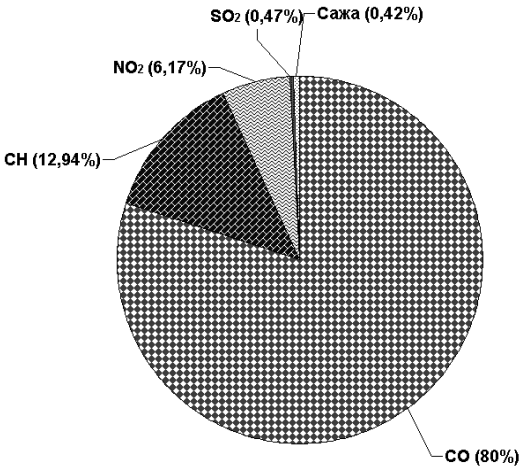

Рис.1. Узагальнена структура викидів забрудників у повітряний басейн м. Києва від автотранспорту

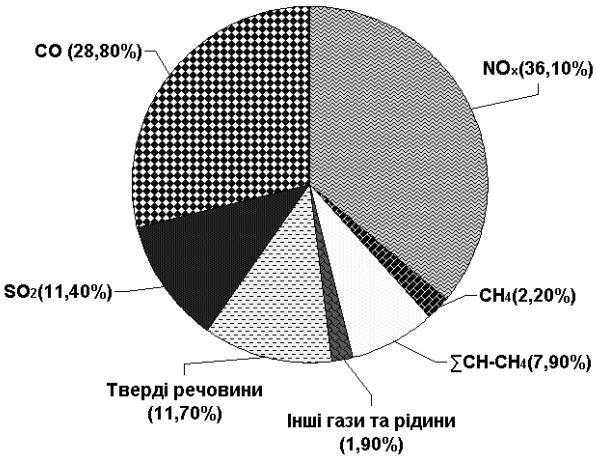

Рис. 2. Структура викидів від стаціонарних джерел у повітряний басейн м. Києва

Одним з методів, який використовується для контролю СО є електрохіміч-

ний метод газового аналізу. Він заснований на принципі перетворення концентрації оксиду вуглецю в електричний струм на основі електрохімічного ефекту. Цей ефект спостерігається в результаті електролізу постійним струмом при збереженні визначеного потенціалу на поверхні електрода. Сила струму, який генерується трьохелектродною електрохімічною чарункою, прямо пропорційна концентрації оксиду вуглецю в аналізованому повітрі.

На основі цього методу в ЗАТ "Украналіт" розроблені декілька моделей (621EX 07, 621EX 15) стаціонарних автоматичних газоаналізаторів (ГА) оксиду вуглецю в атмосферному повітрі. Зазначені ГА виконані з використанням мікропроцесорної техніки. Мають аналогові і цифрові (RS-232) вихідні сигнали. В таблиці наведені основні технічні характеристики двох моделей ГА.

Таблиця - Технічні характеристики ГА , які випускає ЗАТ "Украналіт"

Модель газоаналізатора	**Діапазон вимірювань, мг/м^3**	**Поріг чутливості, мг/м^3**	**Межі допустимої основної похибки**	
			абсолютної, мг/м^3	**відносної, %**
621EX 07	0,00...50,00	0,7	±0,75 (для діапазона ≥0,7 до ≤ 5,0 мг/м^3)	± 15 (для діапазона > 5,0 до ≤ 50,0 мг/м^3)
621EX 15	0,00...50,00	0,7		

Експлуатація ГА 621EX 07 та 621EX 15 в постах спостереження за станом атмосферного повітря в безперервному автоматичному режимі на протязі майже трьох років виявила суттєві недоліки. Електрохімічний (EX) сенсор, який постійно контактує з атмосферним повітрям поступово насичується оксидом вуглецю, що призводить до дрейфу нульових показів і зменшенню достовірності вимірювань концентрацій CO на рівні ГДК. Для усунення дрейфу нуля проводились оператором щотижневі коректування нульових показань за допомогою генератору "нульового" газу, що економічно не доцільно для автоматичних газоаналізаторів безперервної дії. З таблиці видно, що ці ГА не дозволяють проводити достовірні вимірювання концентрацій CO нижче 0,7 мг/м^3, а для концентрацій в діапазоні 0,7 - 5,0 мг/м^3 межі основної відносної похибки змінюється від 107 % до 15 %. Виникла потреба у розробці нової моделі електрохімічного ГА, яка забезпечила би безперервну експлуатацію ГА без технічного обслуговування на протязі не менше 30 діб та підвищення достовірності вимірювань масових концентрацій CO на рівні ГДК.

Особливості побудови ГА 621EX 20

В ЗАТ «Украналіт» розроблена нова модель EX ГА 621EX 20. На рис.3 представлена блок-схема цього ГА [3].

Газоаналізатор працює наступним чином. Компресор 2 всмоктує газ, що аналізується, через фільтр пиловий 1 і подає його через розподільник газового потоку 3 на термічний перетворювач 4 та пневмоелектричний клапан 5. У газоаналізаторі передбачається два цикли роботи. У **першому циклі** пневмоелектричний клапан 5 відкритий по газовому каналу 5.1-5.2 на протязі 60 с. Блок конвертора 4

(генератор “нульового” газу) перетворює молекули СО до CO_2 при температурі 120 ^{0}С за допомогою паладієвого каталізатора. Електрохімічний сенсор не чутливий до CO_2 і таким чином очищена від СО газова суміш через капіляр 6 поступає в проточну камеру блока детектора 7, де розташований електрохімічний сенсор амперометричного типу 8, що генерує струм, величина якого несе інформацію про рівень фонового сигналу, який після підсилення і формування у блоці 9 поступає на мікропроцесорний пристрій (МПП) 10. Відлік показань здійснюється протягом останніх 10 с циклу і заноситься у пам'ять МПП.

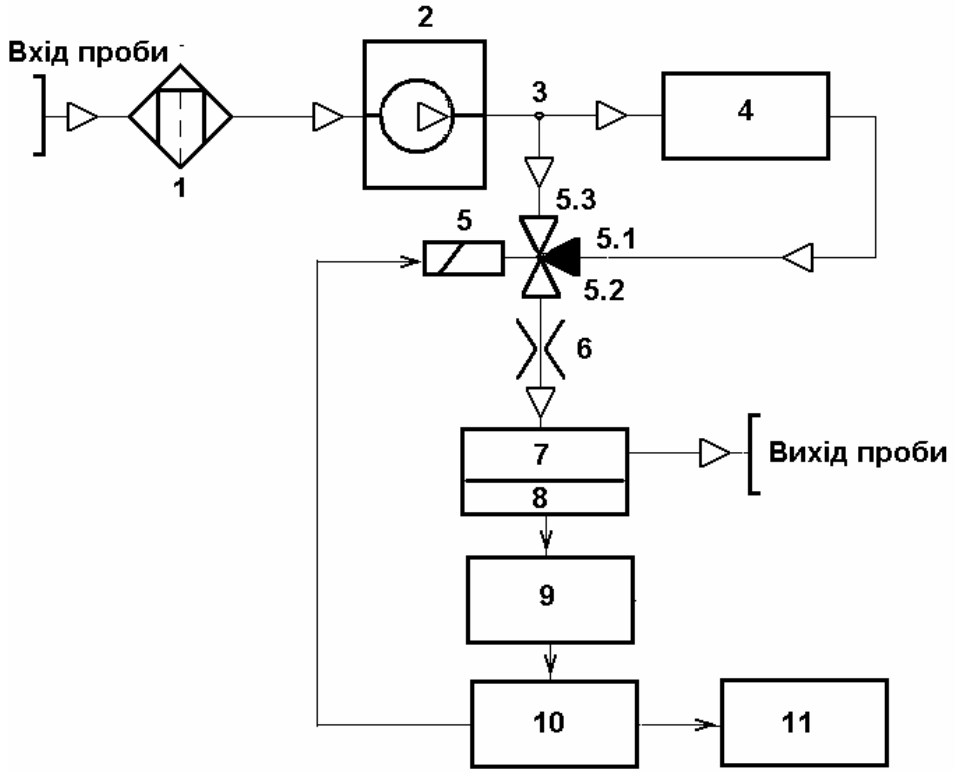

Рис.3. Блок-схема газоаналізатора 621ЕХ 20, де: 1 – фільтр пиловий; 2 - компресор; 3 - розподільник газового потоку; 4 - блок конвертора (генератор “нульового” газу); 5 - електропневматичний клапан; 6 – капіляр; 7- блок детектора; 8 – електрохімічний сенсор; 9 - блок формування електричних сигналів; 10 – мікропроцесорний пристрій (МПП); 11 - блок вихідних сигналів

У **другому циклі** пневмоелектричний клапан 5 відкритий по газовому каналу 5.3-5.2 на протязі наступних 60 с. Газова суміш (атмосферне повітря), яка містить СО, поступає по цьому каналу в камеру блока детектора 7. Сенсор 8 генерує струм величина якого несе інформацію про сумарний рівень фонового сигналу та сигналу, величина якого пропорційна концентрації СО у суміші, який після підсилення і формування у блоці 9 поступає на МПП 10. Відлік показань здійснюється протягом останніх 10 с циклу і заноситься в пам'ять МПП. Після математичної обробки сигналів, що одержані у двох циклах, отримуємо у блоці 11 вихідний сигнал величина якого пропорційна масовій концентрації молекул СО в повітрі, що аналізується. Блок детектора і блок конвертора тер-

мостатовані. Оскільки ввімкнення генератора "нульового" газу для коригування нульових показів та уточнення результатів аналізу газу з використанням МПП проводиться автоматично через кожні дві хвилини, а очищення об'єму сенсора від молекул СО проходить в одному з циклів, коли на сенсор подається суміш без молекул СО, забезпечується значне зменшення похибки вимірів в режимі тривалої безперервної роботи та спрощення процесу експлуатації.

Остання модель ГА 621ЕХ 20 виконана на базі твердотільного електрохімічного сенсора Е-3 СО амперометричного типу, які виготовляють у Київському політехнічному інституті. Крім цього розміщення компресора в газовому тракті газоаналізатора безпосередньо після фільтра пилового забезпечує його роботу в режимі подачі аналізованої суміші в камеру блока детектора, а не в режимі відсмоктування суміші з камери, що суттєво послаблює вимивання вологи з проточної камери та суттєво зменшує вірогідність висихання електроліта при безперервній роботі, що підвищує надійність роботи газоаналізатора.

На рис. 4 представлений зовнішній вигляд газоаналізатора.

Рис.4.Зовнішній вигляд ГА 621ЕХ 20

ГА виконаний в уніфікованому металевому комп'ютерному корпусі. Споживана потужність ГА не перевищує 30 ВА. Маса ГА не більше 7 кг.

Електроживлення - стандартна мережа змінного струму напругою 220 В, частотою 50 Гц. Витрата аналізованої газової проби - 0,5 ± 0,2 л/хв.

Поріг чутливості ГА – 0,1 мг/м^3 СО.

Межі допустимої основної абсолютної похибки, мг/м^3: ± (0,2 + 0,15Сх), де Сх - номінальне значення концентрації СО в аналізованій суміші на вході в ГА. Технічні характеристики ГА і його конструктивні особливості дозволяють використовувати його як у складі стаціонарних постів спостереження за станом атмосферного повітря населених пунктів, так і в пересувних екологічних лабораторіях.

ГА виконаний на базі спеціалізованого МПП, ядром якого є однокристальний мікроконтролер, що дозволяє обробляти і зберігати в пам'яті результати вимірів. У пам'яті ГА зберігаються усереднені за 20 хвилин значення вимірюваних концентрацій протягом 7 діб, а також значення, виміряні 4 рази на добу (о 1-00, 7-00, 13-00, 19-00 годин) протягом 128 діб. Після закінчення семи і 128 діб накопичена інформація послідовно замінюється новою із прив'язкою до реального часу. Максимально, наскільки це можливо, використано цифрові методи обробки сигналу з огляду на їхню явну перевагу над аналоговими. Там, де без аналогових схем не обійтися, застосовано найсучаснішу елементну базу провідних світових виробників. Схемотехніка проста, але ретельно продумана.

Висновки

Розроблена нова модель електрохімічного ГА оксиду вуглецю, в якому завдяки автоматичному циклічному процесу вимірювання та застосування спеціальної програми обробки результатів вимірів двох циклів забезпечується суттєве зменшення похибки вимірів в режимі тривалої безперервної роботи і одночасне підвищення надійності роботи та спрощення процесу експлуатації. Дані технічні переваги дозволяють суттєво підвищити експлуатаційні та метрологічні характеристики електрохімічного газоаналізатора оксиду вуглецю, значно розширити його функціональну спроможність і успішно застосовувати його в системах для автоматичного моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Завдяки оригінальним конструкторським рішенням і застосуванню мікропроцесорного пристрою удалося поліпшити технічні характеристики газоаналізатора до рівня кращих закордонних оптичних аналізаторів, заснованих на поглинанні молекулами СО інфрачервоного випромінювання.

На даний час газоаналізатори 621EX 20 успішно експлуатуються на промислових підприємствах (АТ «Подільський цемент», м. Кам'янець-Подільський, АТ «Арселор Міттал Стіл», м. Кривий Ріг та інших) у складі автоматизованих систем моніторингу атмосферного повітря, а також у складі мобільної екологічної лабораторії в м. Львів.

Дворічний досвід експлуатації цих приладів підтвердив їх високу працездатність, надійність в безперервному цілодобовому режимі експлуатації. Сервісне обслуговування ГА (заміна фільтроелементу фільтра пилового, перевірка витрати аналізованої газової проби) повинне здійснюватися 1 раз на три місяці.

В подальшому заплановано провести дослідження з використання в ГА не твердотільного, а рідинного електрохімічного сенсора, що забезпечить нечутливість ГА до вологості повітря, що аналізується.

Література

1. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2004 р. // Міністерство екології та природних ресурсів України. www.menr.gov.ua
2. Н.Гусєва. Про стан атмосферного повітря міста Києва у 2005 році// Столичний вісник. – 2006.- № 6.- С.10.
3. Патент України №34285 G01N 27/26. Електрохімічний газоаналізатор оксиду вуглецю / Курінний В.К., Міхеєва І.Л., Кривоніс Ю.І. – Опубл.11.08.2008. Бюл. № 15. – 5 с.

Михеева И.Л., Дашковский А.А., Грабарь В.Я.

Особенности построения электрохимического газоанализатора оксида углерода в атмосферном воздухе

Проанализированы основные источники выбросов оксида углерода в атмосферу. Проведен сравнительный анализ нескольких моделей электрохимических ГА. Описаны особенности построения и эксплуатации автоматического ГА оксида углерода 621EX 20.

Ключевые слова: электрохимический газоанализатор, оксид углерода

Mikheieva I., Dashkovckyi A., Grabar V.

Design features of ambient air electrochemical carbon monoxide gas-analyser

The basic sources of carbon monoxide emissions in atmosphere are analysed. The comparative analysis of a few models of electrochemical GA is conducted. The features of construction and exploitation of automatic carbon monoxide GA 621EX20 are described.

Keywords: electrochemical gas-analyser, carbon monoxide

Надійшла до редакції
24 лютого 2010 року