

МЕТОД ТА ЗАСІБ КОНТРОЛЮ КОНЦЕНТРАЦІЇ ДВООКИСУ ВУГЛЕЦЮ У ДИМОВИХ ГАЗАХ КОТЕЛЬНИХ УСТАНОВОК

Кучерук В. Ю., Дудатьєв І. А., Баранець В. В., Драч Р. П.

Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна

***Анотація.** Розроблено засіб контролю концентрації природніх газів у атмосферних газоподібних середовищах на основі оптико-абсорбційного методу з покращеними метрологічними характеристиками. Дослідження, проведені в роботі, дозволили отримати нові, науково-обґрунтовані теоретичні та практичні результати, які є істотними для підвищення точності при необхідній швидкодії процесу контролю концентрації газів на основі оптико-абсорбційного методу з компенсацією впливних факторів оптичного перетворювача.*

***Abstract.** In the scientific work the method of controlling the concentration of natural gases in atmospheric gaseous media was developed on the basis of an opto-absorption method with improved metrological characteristics. The researches carried out in the work allowed to obtain new, scientifically substantiated theoretical and practical results that are essential for increasing the accuracy with the required speed of the process of controlling the concentration of gases on the basis of the opto-absorption method with the compensation of the influence factors of the optical converter.*

Основна частина. Для визначення довжин налаштування фотоприймачів у засобі контролю концентрації двоокису вуглецю у димових газах котельних установок проведемо аналіз спектрів поглинання газів [1], що є продуктами згорання котельної установки.

Димові гази котельних установок, середньоочікувана концентрація яких вища за 0.1% об. та їх основні коливально-обертальні характеристики представлено на рис. 1.

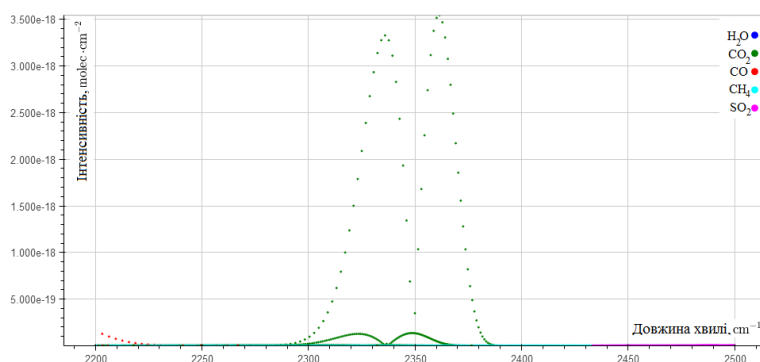


Рисунок – 1. Спектр поглинання компонентів димових газів котельних установок у діапазоні 4 – 4.5 мкм

З аналізу спектрів зроблено висновок, що найактивніша область знаходиться в межах $2200\text{-}2500\text{ см}^{-1}$. На рис. 1. представлено поглинання основних компонентів димових газів котельних установок у діапазоні 4 – 4.5 мкм ($2200\text{ – }2500\text{ см}^{-1}$).

Як видно з аналізу спектрів поглинання основних димових газів котельних установок практично всі смуги поглинання знаходяться поруч одна до одної (в деяких випадках накладаються). До того ж, пари води які присутні у газах, займають широкий спектр довжин смуг поглинання. Тому необхідною умовою є не лише вибір довжин поглинання газів таким чином, щоб вони не накладались один на одного, а і використовувати високоточні джерела випромінювання і приймачі (ширина роботи спектру яких не дозволяє потрапляння “сусідніх” газів). Після аналізу довжин поглинання димових газів необхідно за вже відомими вхідними даними обрати інфрачервоні випромінювачі і приймачі.

Таким чином, можна визначити параметри фотодіодів та фотоприймачів, при цьому було враховано взаємоперетин ліній поглинання. Тобто контрольні точки для кожного газу виглядають таким чином, що поруч немає ліній поглинання інших газів, що могли б вплинути на результати вимірювань.

Графічне моделювання фрагменту бази даних HITRAN представлено на рис. 2.

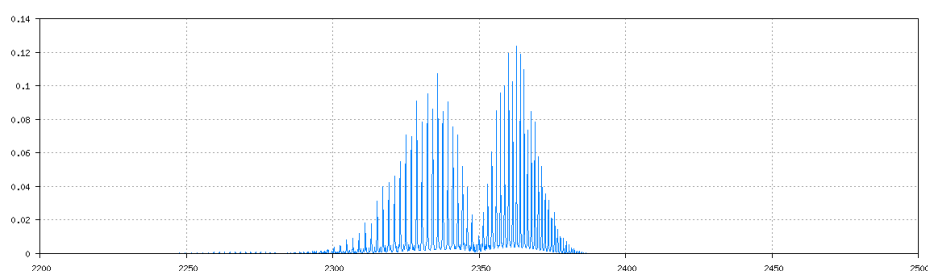


Рисунок 2 – Фрагменту бази даних HITRAN

Як видно з рис. 2, спектр поглинання двоокису вуглецю в заданому діапазоні має складну структуру за рахунок накладання спектрів газів які входять до його складу, тому коефіцієнт поглинання $k(\lambda)$ смуги виразимо сумою коефіцієнтів поглинання окремих ліній

$$k(\lambda) = \sum_i \frac{S(\lambda_i)}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + \left(\frac{1}{\lambda_i} - \frac{1}{\lambda_0}\right)^2}, \quad (1)$$

де S – інтенсивність смуги поглинання; λ_i та λ_0 – довжина та центр смуги поглинання; σ – ширина смуги поглинання.

Для розрахунку величини поглинання в інтервалі 4,1 – 4,3 мкм (2300-2400 см^{-1}) використовувалась аналітична модель спектрального розподілу коефіцієнтів поглинання газу, розрахована на основі таблиць інтенсивності ліній $S(\lambda_0)$ випромінювання газів в зазначеному спектральному діапазоні, що відповідає наступним наближенням:

Спектр коефіцієнта поглинання газу описується сумою розподілів Лоренца з різними λ_0 і $S(\lambda_0)$, але однаковими значеннями σ_L .

Спектри коефіцієнтів поглинання всіх газів задаються в спектральній смузі 2300-2400 см^{-1} (довжини хвиль випромінювання 4,1 – 4,3 мкм) з кроком 0,01 см^{-1} . Виконання цієї умови необхідно для зручності аналізу сумішей газів і врахування впливу впливних газів.

У моделі враховуються тільки лінії, що мають інтенсивність $S \geq 0,1$ [$\text{см} \cdot \text{атм}$] при нормальних умовах вимірювання.

Модель ослаблення випромінювання в середовище димових газів котельних установок представлена на рис. 3.



Рисунок. 3 – Модель ослаблення випромінювання в середовище димових газів котельних установок

На основі закону Бугера-Ламберта-Бера отримано математичну модель, яка описує процес ослаблення випромінювання в оптичному вимірювальному перетворювачі та враховує основні фактори, які пов'язані з особливостями об'єкту контролю, що впливають на її коректність

$$I_l = I_0 \cdot e^{\frac{\int_0^{\infty} k_s(\lambda) d\lambda}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_i})^2} \cdot \frac{-0,0083 \cdot T}{P_0 \cdot e^{\frac{M_m \cdot g \cdot h}{R \cdot T} - P_{роз}}} \cdot \frac{C}{M} \cdot l}$$

де I_l – інтенсивність випромінювання, яке пройшло через досліджуваний газ; I_0 – початкова інтенсивність випромінювання; M_m – молярна маса сухого повітря ($0.029 \frac{кг}{моль}$); g – прискорення вільного падіння; h – висота, яка є сумою висоти димової труби та поверхні її основи над рівнем моря; C – концентрація газу ($мг/м^3$); l – довжина шляху поглинання; σ – ширина смуги поглинання; M – молярна маса досліджуваного газу; T – температура димового газу; R – універсальна газова стала; P_0 – тиск на рівні моря; $P_{роз}$ – тиск розрідження.

Результати моделювання рівняння (2) представлені на рис. 4.

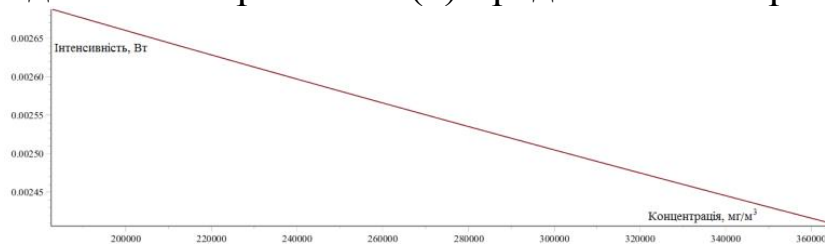


Рисунок- 4. Моделювання залежності концентрації димового газу від інтенсивності

Також розроблено математичну модель вимірювального перетворювача концентрації газів

$$U_F = I_0 \cdot e^{\frac{\int_0^{\infty} k_s(\lambda) d\lambda}{\pi} \cdot \frac{\sigma}{\sigma^2 + (\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda_i})^2} \cdot \frac{-0,0083 \cdot T}{P_0 \cdot e^{\frac{M_m \cdot g \cdot h}{R \cdot T} - P_{роз}}} \cdot \frac{C}{M} \cdot l} \cdot S_{10} \cdot S \cdot R_{zz}$$

де S – площа фоточутливого шару фотоприймача, що освітлюється; S_{10} – інтегральна струмова чутливість фотодіоду при немодульованому опроміненні; R_{zz} – опір в колі зворотнього зв'язку операційного підсилювача; U_F – вихідна напруга фотоприймача на основі пари фотодіод-операційний підсилювач.

Моделювання проводилось при вхідній інтенсивності 3мВт, опорі зворотнього зв'язку 9.88 МОм, інтегральній струмовій чутливості фотодіоду $5.06 \frac{А}{м^2}$, площею фоточутливого шару фотоприймача 26 мм².

Моделювання залежності концентрації CO₂ від напруги у робочому та повному діапазоні представлено на рис. 4.

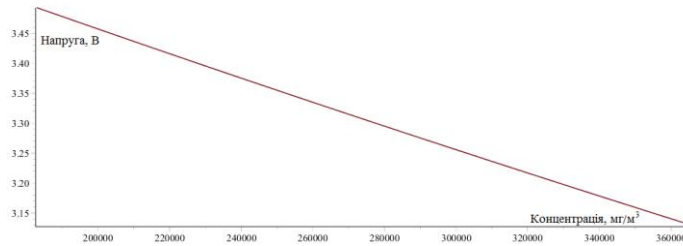


Рисунок- 5. Моделювання залежності концентрації CO₂ від напруги

Дослідив вплив ширини спектру приймача інфрачервоного (ІЧ) випромінювання на чутливість оптичного каналу газового сенсора визначено, що використання оптичного фільтру збільшує чутливість оптичного газового сенсору приблизно на 10% та зменшує відносну похибку вимірювання до 0.05%.

Список використаної літератури:

1. Смит А. Прикладная ИК-спектроскопия: основы, техника, аналитическое применение / Смит А. — М.: Мир, 1982. — 328 с.
2. Kucheruk V. Automatic control of concentration of flue gases / Kucheruk V. Yu., Dudatiev I. // Pomiry avtovatyka kontrola. - № 7. – 2013. - P.621-623.

УДК 004.93

ПРОЕКТУВАННЯ ОХОРОННОЇ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО РІВНЯ НА ОСНОВІ ТЕОРІЇ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ

Ольховський А.О., Паньків Ю.В.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, м.

Івано-Франківськ, Україна,

e-mail: yuriy.pankiv@gmail.com, +38 (0342)72-71-70

Анотація. В роботі проаналізовано сучасний стан існуючих автоматизованих охоронних систем (з веденням онлайн-протоколу та безпроводним методом зв'язку) з точки зору їх надійності, що