

свідчить значення максимальної відносної похибки каналу контролю $\delta = 3.5\%$. Якісний контроль крутного моменту на столі ротора бурової установки дозволить не допускати аварійних ситуацій, які пов'язані із прихопленнями, обвалами стінок свердловин, залишенням озброєння або шарошок долота на вибої свердловини, а також сприятиме зменшенню затрат на проведення бурових робіт.

1. Петровський О.П., Кобрунов О.І., Ганженко Н.С., Мончак Л.С., Чебан В.Д., Бодлак П.М. Проблема прогнозування перспектив нафтогазоносності в Карпатському регіоні з позицій інтегральної інтерпретації комплексу геолого-геофізичних даних. // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2003. - №1. – С.8. 2. Семенцов Г.Н., Горбійчук М.І. Оптимальне адаптивне керування процесом буріння свердловин. // Нафтова і газова промисловість. – 2002, №2, С.18-20. 3. Батырбаев Э.М. Использование дизельных силовых приводов буровых установок // Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. – 1996. - №8. – С.13-14. 4. Бабчук С.М. Модель моменту на валі ротора бурових установок з дизельним приводом // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. Серія: Технічна кібернетика та електрифікація об'єктів

паливно-енергетичного комплексу. – 2001. - №37. - С.72-92. 5. Семенцов Г.Н., Бабчук С.М. Метод визначення крутного моменту на столі ротора бурових установок з дизельним силовим приводом. Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2003. - №1. – С.60-63. 6. Бабчук С.М. Метод контролю моменту на валі привода роторного стола бурових установок з дизельним приводом. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Хмельницький. – 2001р. – №1. – С.71-74. 7. Семенцов Г.Н., Горбійчук М.І. Методические указания к применению методов и средств поверки нестандартизированных измерительных информационных систем автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУТП) в нефтяной и газовой промышленности. – Ивано-Франковск: ИФИНГ, 1989. – 60с. 8. Дизель В2 (12Ч 15/18, 12ЧН 15/18) Описание и руководство по эксплуатации. В/О “Энергомашэкспорт” СССР. – М., Недра, 1980. – 253с. 9. Володарський С.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне за безпечення вимірювань і контролю: Навчальний посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 219с. 10. Цыкин Я.З. Теория импульсных систем. – М.: Наука, 1977. – 414с.

УДК 543.271.3

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ПЕРЕТВОРЮВАНЬ В ІНФРАЧЕРВОНИХ ГАЗОАНАЛІЗАТОРАХ ДЛЯ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРІНГУ

© Приміський В.П., 2003

Український НДІ аналітичного приладобудування “Украналіт”, м. Київ

Розглянута математична модель інфрачервоного газоаналізатора з оптико-акустичним приймачем випромінювання. Проведено аналіз похибок вимірювань. Обґрунтована оптимальна структурна схема газоаналізатора

Вимоги міжнародних екологічних стандартів про інструментальний контроль викидів шкідливих газів в атмосферу привели до відповідних змін в основних природоохоронних законах України “Про охорону довкілля” і “Про охорону атмосферного повітря”, в яких чітко обумовлена необхідність фактично виміру рівня викидів промислових газів за допомогою відповідних приладів – газоаналізаторів. За допомогою останніх формуються автоматичні системи екологічного

моніторингу, як на рівні підприємств, так і міст регіонів. Найбільше поширення знайшли автоматичні газоаналізатори, що реалізують інфрачервоний метод газового аналізу [1,2,3.]. Метод полягає у вимірюванні величини інтенсивності інфрачервоного випромінювання, або поглинання його потоку досліджуваним газом при проходженні випромінювання через аналізовану газову суміш.

При моделюванні процесів, що відбуваються в

ланцюзі інформаційних перетворювань, метою яких є визначення функції перетворення (ФП) газоаналізатора і оцінка метрологічних характеристик, візьмемо двоканальну структуру інфрачервоних газоаналізатора з диференціальним приймачем випромінювання і модулятором (обтюратором) з механічним приводом (рис. 1). Як приймач інфрачервоного випромінювання застосовується герметична оптико-акустична чарунка [3].

Потік інфрачервоного випромінювання випромінювача газоаналізатора Φ_0 визначається потужністю, яку одержав випромінювач, і параметрами навколишнього середовища [4]:

$$\begin{aligned} \Phi_0 &= \beta \cdot U_n \cdot I_n = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S T^4 = \\ &= \varepsilon \cdot \sigma \cdot S \left[\frac{0,24 \cdot I_n^2 \cdot R_n}{S \cdot \alpha \cdot f(P, W, T_0)} \right]^4 \cdot \psi[\lambda(T)] \end{aligned} \quad (1)$$

де Φ_0 – потік інфрачервоного випромінювання; ε – випромінювальна здатність випромінювача; σ – стала Стефана-Больцмана; R_n , I_n , U_n – опір нитки випромінювача; струм і напруга ланцюга живлення відповідно; S, α – поверхня випромінювача і коефіцієнт теплопередачі, (функціонально $f(P, W, T_0)$ залежний від тиску P , вологості W і температури навколишнього середовища T_0); T – температура нитки випромінювача; β – коефіцієнт, що визначає частку потужності, яка перетворена в інфрачервоний потік випромінювання; $\psi(\lambda)$ – спектральна характеристика потоку випромінювання, що залежить від температури нагрівача.

Потік інфрачервоної радіації після проходження в робочій кюветі (РК) через шар аналізованої

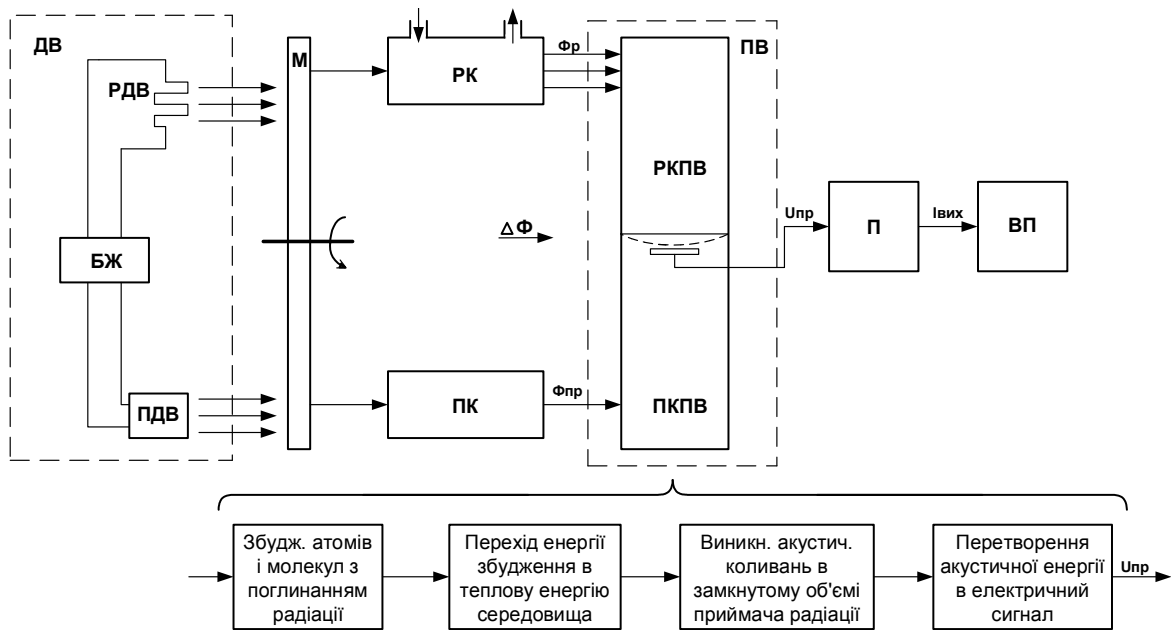
багатокомпонентної газової суміші є таким [1,4]:

$$\Phi_p = \Phi_0 \cdot e^{-K_v \cdot L \cdot C} \cdot \frac{1}{P} \cdot r^m \cdot a^n \cdot Z \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi}, \quad (2)$$

де K_v – коефіцієнт поглинання, що залежить від спектра поглинання відповідного газу (CO, CO₂, SO₂, CH і т.д.); r – коефіцієнт відзеркалення поверхонь, що відбивають інфрачервоне випромінювання; a – коефіцієнт витрат потоку випромінювання при проходженні його через скляні віконця кювет і приймач випромінювання; m, n – число відображень і віконць відповідно; Z – коефіцієнт витрат випромінювання в конструкції каналів при його проходженні, $Z < 1$; $\sqrt{2}/\pi$ – коефіцієнт зменшення потоку випромінювання при використанні синусоїдальної модуляції за допомогою обтюратора.

Вхідний інфрачервоний потік (2) диференціального приймача випромінювання з урахуванням потоку порівняння Φ_{np} обумовлює зміну тиску і переміщення чуттєвого органа (мембрани) оптико-акустичної чарунки. Для випадку використання одного загального джерела випромінювання з урахуванням (1) цей потік визначиться виразом:

$$\begin{aligned} \Delta \Phi &= \Phi_{np} - \Phi_p = \varepsilon \cdot \sigma \cdot S \left[\frac{0,24 I_n^2 \cdot R_n}{S \cdot \alpha \cdot f(P_1 W_1 T_0)} \right]^4 \times \\ &\times \psi[\lambda(T)] \times \frac{1}{P} \cdot r^m \cdot a^n \cdot Z \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi} [1 - e^{-K_v \cdot L \cdot C}] = \\ &= K_1 \left[\frac{I_n \cdot R_n}{\alpha \cdot f(P_1 W_1 T_0)} \right]^4 \cdot \psi[\lambda(T)] \cdot \frac{1}{P} [1 - e^{-K_v \cdot L \cdot C}], \end{aligned} \quad (3)$$



ДВ – джерело випромінювання; БЖ – блок живлення; РДВ – робоче джерело випромінювання; ПДВ – порівняльне джерело випромінювання; М – модулятор (механічний обтюратор); РК,ПК – робоча і порівняльна камери; РКПВ,ПКПВ – робоча і порівняльна камери; П – підсилювач; ВП – вихідний показуючий індикатор

Рис. 1. Послідовність фізичних перетворень в інфрачервоному газоаналізаторі

де $K_1 = \varepsilon \cdot \sigma \cdot \frac{1}{S^3} \cdot (0.24)^4 \cdot r^m \cdot a^n \cdot Z \cdot \frac{\sqrt{2}}{\pi}$ – коефіцієнт пропорційності.

Амплітуда зміни тиску в чарунці, що заповнена поглинаючим газом з концентрацією “ C_k ”, з урахуванням (3) є такою [4]:

$$P_m = \Delta\Phi \cdot \frac{P_0 \cdot R_k^2 \cdot K_1^1 \cdot K_2}{8\lambda_2 \cdot T} \cdot \frac{\sqrt{L_k \cdot \sqrt{C_k}}}{\sqrt[4]{T}} = \Delta\Phi \cdot L_{\Phi p}, \quad (4)$$

$$\text{де } K_{\Phi p} = \frac{P_0 \cdot R_k^2 \cdot K_1^1 \cdot K_2}{8\lambda_2 \cdot T} \cdot \frac{\sqrt{L_k \cdot \sqrt{C_k}}}{\sqrt[4]{T}},$$

$$K_1^1 = \frac{4,1 \cdot \sqrt{\alpha \cdot \delta}}{\sqrt{P_z} \cdot \sqrt[4]{\frac{B \cdot h \cdot C'}{K'}}} \text{ – коефіцієнт пропорційності;}$$

K_2 – коефіцієнт перетворювання ($K_2 = 0.1 - 0.3$); δ – половина ширина лінії поглинання; λ_2 – теплопровідність газу; h, K' – постійні Планка і Больцмана; T – абсолютна температура газу; $P_z = 1$ чи 2 – коефіцієнт, що залежить від структури молекул газу; R_k, L_k – радіус і довжина прийомної камери чарунки.

Вихідний електричний сигнал приймача випромінювання можна представити виразом [1,4]:

$$U_{np} = \Delta\Phi \cdot K_{\Phi p} \cdot K_{pu}, \quad (5)$$

де K_{pu} – коефіцієнт перетворення тиску в електричний сигнал, який визначається з співвідношення (для випадку використання конденсаторного мікрофона):

$$\begin{aligned} (R'' + \frac{1}{j\omega C_0'})i &= -K \cdot \dot{X}, \\ \dot{X} &= 2\dot{V} / S, \end{aligned} \quad (6)$$

де R'' – навантажувальний опір; \dot{X} – коливальна швидкість центра мембрани; i, C_0' – струм і електрична ємність мікрофона; \dot{V} – обсяг потоку газу, центр мембрани якого зміщений під дією поляризуючої напруги; ω – кругова частота модуляції випромінювання; S – поверхня мембрани.

На практиці звичайно $R'' \gg 1/\omega_0'$. Тоді

$$K_{pu} = -\frac{\dot{X}}{R'' \cdot i} \quad (7)$$

Вирішуючи спільно (1) і (7) після перетворень, одержимо таку математичну модель найбільш оптимальної двоканальної структури інфрачервоного газоаналізатора:

$$N = \frac{P_0 \cdot K_1' \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_y}{P \cdot 8 \cdot \lambda_2 \cdot T^{5/4}} \times \frac{\dot{X} \cdot S_{en}}{R'' \cdot i} \cdot \left[\frac{I_n}{\alpha \cdot f(P, W, T_0)} \right]^4 \cdot \psi[\lambda(T)] \cdot e^{-K_y \cdot L \cdot C} \quad (8)$$

Сумарне значення статичної відносної похибки вимірювань такого газоаналізатора на основі (8) визначається виразом

$$\frac{\Delta N}{N} = \gamma_{np} = \frac{\Delta P_0}{P_0} + 8 \frac{\Delta I_n}{I} + 4 \frac{\Delta R_n}{R_n} + \frac{\Delta P}{P} + \frac{5}{4} \cdot \frac{\Delta T}{T} + \frac{\Delta K_y}{K_y} + \frac{\Delta \lambda_2}{\lambda_2} + 4 \frac{\Delta \alpha}{\alpha} \times f(P, W, T_0) + \frac{\Delta \psi[\lambda(T)]}{\psi[\lambda(T)]} \quad (9)$$

Схема всіх перетворювань в розглянутому газоаналізаторі заснована на трьох зв'язках:

- „концентрація газу (склад)-властивість”,
- „властивість-сигнал”,
- „сигнал-вихідний параметр”.

Зв'язок „концентрація газу (склад)-властивість” представляє основу вимірювань при створенні інфрачервоного газоаналізатора. Це спектр поглинання і вибір його смуги. Зв'язок „властивість-сигнал” реалізується в робочій кюветі і приймачі випромінювань, включаючи збудження коливальних мембран. У конденсаторному мікрофоні і наступній схемі обробки електричного сигналу реалізується останній зв'язок – це одержання вихідного параметра (“сигнал-вихідний параметр”).

Аналіз рівності (9) показує, що для досягнення високої точності перетворювань в газоаналізаторі найбільші вимоги пред'являються до стабілізації струму живлення випромінювача і опору нитки

випромінювача ($\Delta I_n/I_n \leq 0.02-0.03\%$, $\Delta R_n \leq 0.05\%$), тиску в робочій кюветі ($\Delta P/P \leq 0.1-0.2\%$). Необхідно також виключати витоки з камери приймача випромінювання ($\Delta P_0/P_0 < 0.05\%$) і стабілізувати температуру нитки випромінювача. Крім того, зміни температури T обумовлюють наступні додаткові похибки:

- деформацію спектра випромінюваного потоку, причому, якщо $\Delta T > \Delta T_\lambda$ (де ΔT_λ – збільшення температури, яке викликає зсув максимуму спектра на значення, що перевищує половину смуги поглинання), то спостерігається різке зниження інтенсивності робочої частини спектра випромінювання, що приводить до великої не припустимої похибки газоаналізатора;

- зміну коефіцієнта теплопередачі і наступній зміні температури T .

Для підтримки температури T на необхідному рівні ($\Delta T < \pm 15-30^\circ\text{C}$) застосовують ряд конструктивних і схемних мір, що до певної міри ускладнюють конструкцію газоаналізатора у цілому. Як показав досвід створення промислових інфрачервоних газоаналізаторів [5,6,7], реалізація розглянутих вимог дозволяє знизити статичну похибку цих газоаналізаторів до рівня 0.3 – 0.4 %.

1. Тхоржевский В.Г. Автоматический анализ газов и жидкостей на химических предприятиях.–М.: Химия. 1976.-176с.
2. Перегуд Е.А., Горелик Д.О. Инструментальные методы контроля загрязнения атмосферы. -Л.: Химия, 1981. –384с.
3. Бреслер П.И. Оптические абсорбционные газоанализаторы и их применение.-Л.: Энергия, 1980.-164с.
4. Горелик Д.О., Сахаров Б.Б. Оптико-акустический эффект в физико-химических измерениях.-М. Издательство стандартов, 1969.-187с.
5. Румбешта В.О., Приміський В.П. Принципи побудови абсорбційних газоаналізаторів. Київ, Наукові вісті НТУУ «КПІ», 2000, № 5, с. 117-121.
6. А.с.СССР 1549315. , МКИ GO1N21/76. Оптический абсорбционный газоанализатор . В.А. Богданов, В.П. Морозов , В.Ф. Приміський. Б.И.1988, № 4.
7. Патент України 61695А, МКИ GO1 N 21/01. Спосіб аналіза газів. В. П. Приміський. Бюл. вид. 2003, № 11.

УДК 622.323

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ НАПРУГИ НА ЗАТИСКАЧАХ ЗАНУРЮВАНИХ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ