

УДК 681.785.6

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ПОГЛИНАННЯ СКЛАДОВИХ ВОЛОГОГО ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Білинський Й. Й., д.т.н, професор

Книш Б. П., аспірант

Вінницький національний технічний університет

Онушко В. В.

ДП «Укрметртестстандарт»

Предложенная методика определения коэффициентов поглощения составляющих влажного газа и проведены экспериментальные исследования определения коэффициентов поглощения соединений, содержащих углеводород.

The proposed method of determining the coefficients of absorption components of wet natural gas and the experimental study of the absorption coefficients of determination of compounds containing hydrocarbons.

Вступ. Концентрація газу є одним з основних параметрів при видобутку, транспортуванні й переробці природного (або попутного нафтового) газу. Надійне й точне вимірювання цього параметра потрібно на всіх етапах – від свердловини до газопереробного заводу й суттєво впливає на економічність й ефективність процесів. Застосування неконтактних методів вимірювання, до яких відноситься абсорбційний, дозволяє виключити вплив зовнішніх та внутрішніх дестабілізуючих факторів, а також вплив параметрів, що характеризують адіабатний процес, – тиск, температура тощо [1].

Абсорбційний оптичний метод аналізу [2] базується на поглинанні випромінювання атомами і молекулами речовини та трансформуванні надлишкової енергії збудження. Найбільший інтерес представляють лінії електронних переходів ультрафіолетової частини спектра (довжина хвилі менша 120 нм) [3, 4] і лінії коливально-обертальних переходів з максимумами на довжинах хвиль інфрачервоного діапазону. При використанні інфрачервоного діапазону, що впливає на параметри ліній поглинання, слід враховувати той факт, що поглинання відбувається як за рахунок водяної пари, так і за рахунок газу. Тому для отримання необхідної чутливості й точності при побудові сенсора концентрації важливим є вибір довжини хвилі з урахуванням того, що поглинання випромінювання відбувається як за рахунок водяної пари, так і за рахунок сухого газу, а також визначення довжини ходу оптичного променя. Тому вимірювання концентрації газу проводиться шляхом створення моделі перенесення випромінювання в ньому, яка б враховувала вище наведені параметри. Для цього потрібно визначити коефіцієнти поглинання як для водяної пари, так і для сухого газу.

Метою роботи є визначення питомих молярних показників поглинання складових вологого природного газу.

Основна частина. В роботі запропоновано методику визначення питомих молярних показників поглинання складових природного вологого газу. При цьому для визначення робочої довжини хвилі та показників поглинання використовувалася вода, а сухий газ замінював уайт-спірит як вуглеводневоподібна сполука. Така заміна вимушена, оскільки зріджений газ при нормальних умовах використовувати немає можливості.

На рис. 1 наведена структурна схема установки дослідження характеристик поглинання світлового потоку, що проходить досліджуваний газ.

Схема установки містить лампу розжарювання 1, оптичну систему формування паралельного світлового потоку 2, кювету 3, в яку вставлені предметні скляні пластини 4 та 6, між якими знаходиться досліджувана газова суміш 5, монохроматичний фільтр 7, фотоприймальний пристрій 8, підсилювач сигналу 9, індикатор 10.

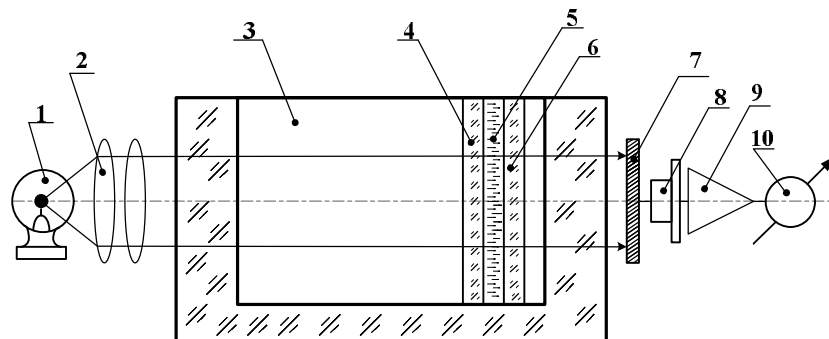


Рис. 1. Структурна схема установки для дослідження характеристик аналізатора концентрації газу

Світловий потік від лампи розжарювання 1 за допомогою оптичної схеми 2 направляється на систему скляних пластин 4 та 6, проходячи шар газової суміші 5, за рахунок якої відбувається послаблення потоку. Далі послаблений світловий промінь проходить монохроматичний фільтр 7, за допомогою якого виділяється з потоку спектральна складова з потужною лінією поглинання газу. На виході фільтра формується промінь, що потрапляє на фотоприймач 8. Світловий потік, який є функцією параметрів затухання чистої домішки, перетворюється в електричний сигнал і подається на вторинний вимірювальний перетворювач. Функція перетворення цього процесу описується як

$$U = I_0(\nu) \tau_{оса} \tau_{осф} \tau_{г} \tau_{ф} \tau_{\delta} S K_{II} \quad (1)$$

де $\tau_{оса}$, $\tau_{осф}$ – коефіцієнти пропускання оптичної системи аналізатора газу та фотоприймального пристрою, відповідно;

$\tau_{к}$ – коефіцієнт пропускання кювети та скляних пластин;

$\tau_{г}$ – коефіцієнт пропускання газу;

$\tau_{ф}$ – коефіцієнт пропускання фільтра виділення спектрального інтервалу;

S – інтегральна чутливість фотоприймального пристрою;

K_{II} – коефіцієнт передачі попереднього підсилювача.

Для вимірювання концентрації природного газу в роботі [1] запропонована математична модель, яка враховує поглинаючі властивості водяної пари та газу залежно від частоти ν (або довжини хвилі λ). У зв'язку з цим, в роботі запропоновано методику визначення коефіцієнтів поглинання природного сухого газу та водяної пари.

Показник поглинання [5], який визначається як

$$K(\nu) = \frac{D(\nu)}{Cd} \quad (2)$$

де $D(\nu)$ – оптична густина ($D(\nu) = \ln \frac{I_0(\nu)}{I(\nu)} = \ln \frac{1}{T(\nu)}$),

$T(\nu)$ – коефіцієнт пропускання.

Визначення $T(\nu)$ і відповідно $D(\nu)$ зводиться до незалежного послідовного вимірювання величин $I_0(\nu)$ і $I(\nu)$ з наступним визначенням $\frac{I(\nu)}{I_0(\nu)} = \beta(\nu) T^{a.i.}(\nu) T^{n.a.}(\nu)$, де

$T^{a.i.}(\nu)$, $T^{c.a.}(\nu)$, $\beta(\nu)$ – коефіцієнти пропускання водяної пари, сухого газу та самої кювети з набором скляних пластин, відповідно, який враховує втрати на відбиття від вікон кювети та скляних пластин, що знаходяться на шляху монохроматичного променя.

Коефіцієнти поглинання складових природного вологого газу визначаються експериментально згідно методики:

1. Для проведення досліджень газових сполук в лабораторних умовах без спеціального обладнання (генератора газу) пропонується використати уайт-спірит як вуглеводнеподібну сполуку;

2. Розрахувати мінімальну масову частку вуглеводнів, яка знаходиться у об'ємі, що відповідає розмірам поширення світлового променя інфрачервоного сенсора;

3. Помістити мінімальну визначену масу уайт-спіриту, через яку пропускається світловий потік, між предметними скляними пластинами кювети;

4. Виконати ресстрацію значення світлового потоку заданої довжини хвилі, який пройшов через кювету з досліджуваною речовиною та без неї і отримати відповідні значення коефіцієнтів пропускання;

5. Завдяки набору скляних пластин поступово збільшувати масу досліджуваної речовини в кюветі;

6. Виконати аналогічні дослідження, використовуючи характерні довжини хвиль інфрачервоного діапазона;

7. Встановити експериментальні залежності коефіцієнта пропускання від маси речовини, яка містить вуглеводні;

8. На основі експериментальних залежностей коефіцієнтів пропускання від маси досліджуваної речовини визначити питомі молярні показники поглинання, використовуючи залежність (2);

9. На основі проведених досліджень визначити характерну довжину хвилі, що має найбільшу чутливість до досліджуваного об'єкта;

10. Провести аналогічні дослідження для води і водяної пари та порівняти їх характеристики з характеристиками уайт-спіриту.

11. На основі закону Бугера-Ламберта-Бера та експериментально отриманої характеристики визначити молярні питомі показники поглинання для кожної досліджуваної речовини.

Дослідження проводилися в монохроматичному світлі в діапазоні довжин 1 – 1,5 мкм за допомогою плоскопаралельних скляних пластин. Ширина простору між пластинами, який заповнювався рідиною, визначалася за допомогою мікроскопа. Це дозволило розрахувати об'єми, а, отже, й маси даних рідин, які пронизуються світловим променем. Концентрація водяної пари й газу при відповідних значеннях пропускання визначалися через значення мас рідин, які знаходяться в газоподібному стані й містяться в об'ємі світлового потоку. Об'єм світлового потоку визначався, виходячи з відомих габаритів оптичної схеми та розмірів чутливої площадки фотоприймача.

Збільшення маси досліджуваної рідини за допомогою набору скляних пластин призводило до затухання світлового потоку, оскільки збільшувався шлях проходження променя. Таким чином, були отримані значення коефіцієнта пропускання для води, уайт-спіриту, та кювети з набором скляних пластин. Коефіцієнти пропускання для води

визначалися як $T^{a.i.}(\nu) = \frac{I_0(\nu)}{I(\nu)} \beta(\nu)$, для уайт-спіриту – $T^{c.a.}(\nu) = \frac{I_0(\nu)}{I(\nu)} \beta(\nu)$.

Залежності коефіцієнтів пропускання $T(\nu)$ від маси води, яку проходить промінь, отриманих в монохроматичному світлі на дожинах хвиль 1; 1,33; 1,45 мкм, наведені на рис. 2, від маси уайт-спіріта – на рис. 3, розраховане значення концентрації водяної пари – на рис. 4.

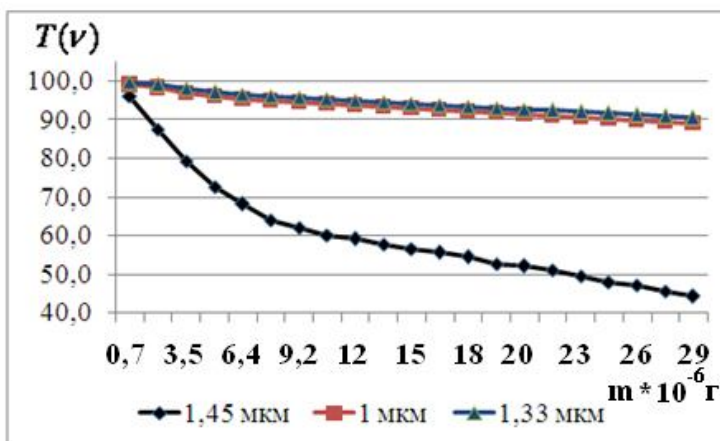


Рис. 2. Залежність коефіцієнта пропускання від маси води, яку проходить промінь

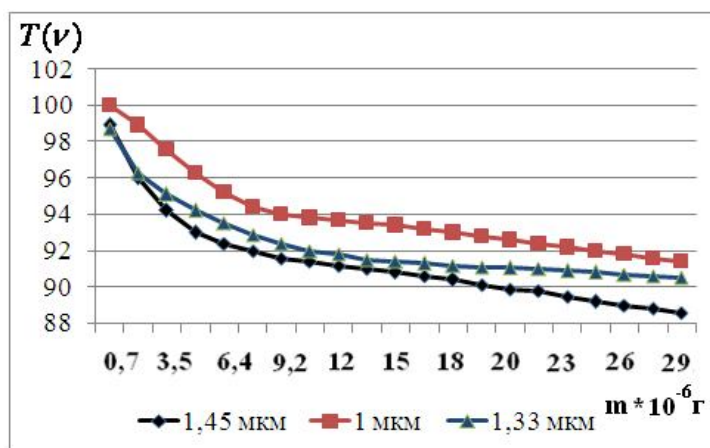


Рис. 3. Залежність коефіцієнта пропускання від маси уайт-спіріта, яку проходить промінь

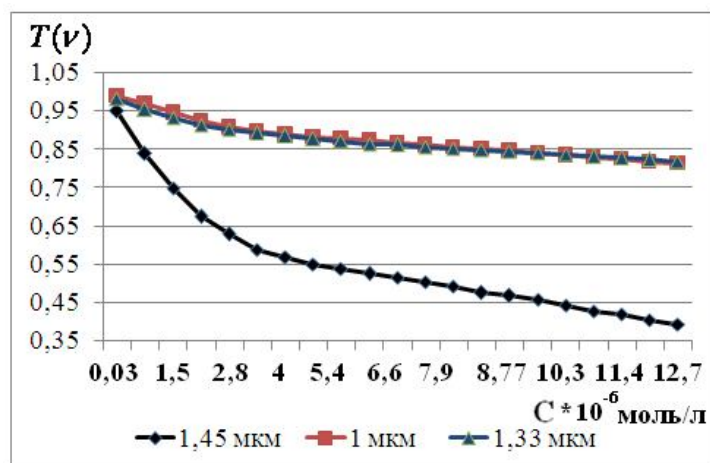


Рис. 4. Залежність коефіцієнта пропускання від концентрації водяної пари

Результати досліджень показали, що робочою довжиною хвилі, на якій відбувалося максимальне затухання є 1,45 мкм. Найменше затухання спостерігалось на довжині хвилі 1 мкм.

Отримані експериментально коефіцієнти пропускання дозволили визначити питомі молярні показники поглинання, які на довжині хвилі 1,45 мкм становлять: для води – $1710 \frac{\epsilon}{\tilde{n} \cdot l \cdot c}$, для уайт-спіриту – $29 \frac{\epsilon}{\tilde{n} \cdot l \cdot c}$, на довжині хвилі 1,33 мкм: для води – $18,1 \frac{\epsilon}{\tilde{n} \cdot l \cdot c}$ для уайт-спіриту – $23,6 \frac{\epsilon}{\tilde{n} \cdot l \cdot c}$. При цьому, виходячи з допустимо можливих мас водяної пари та газу, базова відстань проходження світлового променя вимірювального перетворювача становила 0,5 м.

Висновки. В роботі запропоновано методику, яка дає змогу в лабораторних умовах без спеціального обладнання (генератора газу), визначити коефіцієнти поглинання складових вологого природного газу.

Проведені експериментальні дослідження на предмет максимального поглинання інфрачервоного випромінювання такими складовими вологого природного газу, як водяна пара та сполуки, які містять вуглеводні, що дозволило отримати значення питомих молярних показників поглинання складових вологого природного газу.

Література

1. Білинський Й.Й. Модель перенесення випромінювання в середовищі вологого газу та визначення його відносної вологості / Білинський Й. Й., Юкиш М. Й., Онушко В. В. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2010. – №5. – С.18 – 22.
2. Дайер Дж. Приложения абсорбционной спектроскопии / Пер. с англ.; Дайер Дж. – М., 1970. – 164 с.
3. Белламан Л. Инфракрасные спектры сложных молекул / Пер. с англ.; Под ред. Пентина Ю.А. – М., 1963. – 590 с.
4. Наканиси К. Инфракрасные спектры и строение органических соединений / Пер. с англ.; Под ред. Мальцева А.А. – М., 1965. – 216 с.
5. Енохович А. С. Справочник по физике / А. С.Енохович. – М. : Просвещение, 1978. – 415 с.