

Технічні науки

УДК 622.691.4

Іванов Олександр Васильович

кандидат технічних наук,

доцент кафедри газонафтопроводів та газонафтоосховищ

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Иванов Александр Васильевич

кандидат технических наук,

доцент кафедры газонефтепроводов и газонефтехранилищ

Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа

Ivanov Oleksandr

PhD, Associate Professor of the Department of

Oil and Gas Pipelines and Storage Facilities

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

**ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ
ВЛАСТИВОСТЕЙ ВУГЛЕВОДНЕВИХ ГАЗІВ
ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ
СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНЫХ ГАЗОВ
RESEARCH OF MAIN PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF
HYDROCARBON GASES**

Анотація. Виконано вивчення та аналіз фізико-хімічних показників природного газу. Визначено енергетичну цінність природного газу з урахуванням його компонентного складу.

Ключові слова: природний газ, компонентний склад, теплота згоряння.

Аннотация. Выполнено изучение и анализ физико-химических

показателей природного газа. Определена энергетическая ценность природного газа с учетом его компонентного состава.

***Ключевые слова:** природный газ, компонентный состав, теплота сгорания.*

***Summary.** The analysis of physical and chemical parameters of natural gas is carried out. The energy value of natural gas is determined taking into account its component composition.*

***Keywords:** natural gas, component composition, heat of combustion.*

Природний газ, який є енергоємною та хімічно цінною сировиною, поза всяким сумнівом, належить до стратегічних видів продукції, що зумовило широке використання його як в побуті, так і в багатьох галузях промисловості. Сьогодні найбільшою сферою використання природного газу є промислове та комунально-побутове господарство, тобто використання газу як джерела енергії. Основним показником якості газу, який визначає його енергетичну цінність, є питома об'ємна теплота згорання або теплотворна здатність газу H [1; 2].

Визначення теплоти згорання, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу проводиться згідно ГОСТ 31369-2008 «Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава» [3] та ДСТУ ISO 6976:2009 «Природний газ. Обчислення теплоти згорання, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу (ISO 6976:1995/Cor. 2:1997, Cor. 3:1999, IDT)» [4].

Згідно із зазначеними нормативними документами, які є чинними в Україні:

вища теплота згорання (superior calorific value) – це кількість теплоти, яка може виділитися при повному згорянні в повітрі певної

кількості газу таким чином, що тиск p_1 , при якому відбувається реакція, залишається постійним, а всі продукти згоряння приймають ту ж температуру t_1 , що і температура реагентів. При цьому всі продукти знаходяться в газоподібному стані, за винятком води, яка конденсується в рідину при t_1 .

У тих випадках, коли теплоту згоряння визначають на основі компонентного складу газу, вираженого в одиницях молярної частки, її позначають, як $\overline{H}_s(t_1, p_1)$; коли склад виражений в одиницях масової частки, теплоту згоряння позначають як $\hat{H}_s(t_1, p_1)$.

У тих випадках, коли теплоту згоряння визначають на основі компонентного складу газу, вираженого в одиницях об'ємної частки, її позначають як $\tilde{H}_s[(t_1, p_1), V(t_2, p_2)]$, де p_2 і t_2 - (вимірні) стандартні умови для обсягу газу.

Нижча теплота згорання(Inferior calorific value) – кількість теплоти, яка може виділитися при повному згорянні в повітрі певної кількості газу таким чином, що тиск p_1 , при якому протікає реакція, залишається постійним, всі продукти згоряння приймають ту ж температуру t_1 , що і температура реагентів. При цьому всі продукти знаходяться в газоподібному стані.

Розраховане на основі одиниць молярної частки, масової частки і об'ємної частки компонентів значення нижчої теплоти згорання позначають, відповідно, як $\overline{H}_1(t_1, p_1)$, $\hat{H}_1(t_1, p_1)$ і $\tilde{H}_1[(t_1, p_1), V(t_2, p_2)]$.

В Україні якість природного газу, а точніше відповідність фізико-хімічних показників вимогам та нормам, що постачається споживачам, у тому числі населенню, повинна відповідати чинному стандарту ГОСТ 5542-87 "Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия" [5].

Значення теплоти згорання ідеального газу, розраховане на основі значень об'ємної частки компонентів, для температури згорання t_1 суміші відомого складу, виміряних при температурі t_2 і тиску p_2 , обчислюють за формулою

$$\tilde{H}^\circ [t_1, V(t_2, p_2)] = \overline{H}^\circ(t_1) \cdot \frac{p_2}{R \cdot T_2}, \quad (1)$$

де R – універсальна газова стала, рівна 8,314510 Дж/(моль·К);

T_2 – абсолютна температура, К.

Для значення об'ємної теплоти згорання реального газу потрібно поправка, що враховує відміну об'єму моля реального газу від об'єму моля ідеального газу, цією поправкою нехтувати не можна. Вона потрібна також при обчисленні значень густини, відносної густини і числа Воббе.

Такі поправки на об'єм, обумовлені неідеальністю газу, вводять за допомогою коефіцієнта стисливості z_{mix} . Коефіцієнт стисливості для стандартних умов вимірювань, розраховують за такою формулою

$$z_{mix}(t_2, p_2) = 1 - \left[\sum_{j=1}^N (x_j \cdot \sqrt{b_j}) \right]^2 \quad (2)$$

Підсумовування проводять за всіма компонентами суміші.

Значення об'ємної теплоти згорання газу реального газу для температури згорання t_1 , суміші відомого складу, об'ємна частка компонентів якої виміряна при температурі t_2 і тиску p_2 , обчислюють за формулою

$$\tilde{H}[t_1, V(t_2, p_2)] = \frac{\tilde{H}^\circ [t_1, V(t_2, p_2)]}{z_{mix}(t_2, p_2)}, \quad (3)$$

де $\tilde{H}^\circ [t_1, V(t_2, p_2)]$ – значення ідеальної (вищої або нижчої) об'ємної теплоти згорання суміші;

$z_{mix}(t_2, p_2)$ – коефіцієнт стисливості суміші при стандартних умовах вимірювань.

В якості вихідних даних для проведення розрахунку використаємо паспорти фізико-хімічних показників природного газу.

Всі фізико-хімічні показники газу обчислені на основі компонентного складу при тиску 101,325 кПа, температура вимірювання/згоряння при 20/25°C. Компонентний склад задано у молях (% моль).

Необхідність перерахунку фізико-хімічних показників природного газу зумовлена необхідністю обчислення молярної теплоти згоряння.

На основі вказаних паспортів відобразимо на графіку динаміку зміни нижча теплота згоряння природного газу протягом дванадцяти місяців (рисунок 1).



Рис. 1. Середньозважене значення нижчої об'ємної теплота згоряння

За методикою наведеною в нормативних документах [3, 4] виникає необхідність перерахунку також таких властивостей вуглеводневих газів як: молярна маса газу, молярна теплота згоряння вища газу, коефіцієнт стисливості газової суміші, відносна густина газу, абсолютна густина газу, число Воббе газу вище та нижче.

Так як розрахунки вимагають необхідної точності та виконання однотипних операцій, виникає потреба в розробці програмного забезпечення. Обчислювальний алгоритм розроблений на мові Visual Basic і реалізований макросом в середовищі Microsoft Excel.

Даний алгоритм дасть змогу визначати функціональну залежність між фізико-хімічними властивостями природного газу та здійснювати дослідження з питань оцінювання якості природного газу, а саме калорійності (теплотворної здатності), вологості, азотовмісту, а також встановлювати вплив цих показників на рівень газоспоживання.

Література

1. Теоретичні та практичні задачі кваліметрії природного газу/ [Стадник Б.І., Мотало А.В., Мотало В.П., Петровська І.Є.] // Вимірювальна техніка та метрологія, 2005. Вип. 65. С. 81–86.
2. Мотало А.В. Комплексне оцінювання якості природного газу як енергоносія / Мотало А.В. // Вісник НУ "Львівська політехніка", 2008. № 608. С. 137-142.
3. ГОСТ 31369-2008. Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава.
4. ДСТУ ISO 6976:2009 Природний газ. Обчислення теплоти згорання, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу (ISO 6976:1995/Cor. 2:1997, Cor. 3:1999, IDT).
5. ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.