

Х.М. Шинкарук, С.А. Чеховський

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ

ЗАСТОСУВАННЯ ТЕРМОКАТАЛІТИЧНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТВОРНОЇ ЗДАТНОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Дана робота присвячена вивченню питання переходу до обліку газу за його енергетичною цінністю. У статті зроблено аналіз найбільш поширених методів визначення теплоти згоряння природного газу. Розглянуто термокаталітичний та термокондуктометричний методи аналізу складу газу їх переваги і недоліки. Проведено обґрунтування актуальності та доцільності використання термокаталітичного датчика як чутливого елемента для пристрою контролю теплоти згоряння природного газу.

Ключові слова: природний газ, якість газу, теплота згоряння, термокаталітичний метод, термокондуктометричний метод.

Вступ

Постановка проблеми. У зв'язку з підвищенням цін на природний газ актуальним питанням є розрахунок не лише кількості спожитого газу, а і його якості саме у споживача. Якість газу – це відповідність його фізико-хімічних показників встановленим нормативним документам. Основною характеристикою якості природного газу є теплота, що виділяється при його згорянні, калорійність. Сьогодні фізико-хімічні показники природного газу регламентуються чинним стандартом ГОСТ 5542 [1]. Цим стандартом встановлено, що нижча теплота згоряння природного газу повинна бути не нижчою за 31,8 МДж/м³ (7600 ккал/м³) при стандартних умовах.

При існуючій в Україні системі обліку та сплати за газ споживачі, використовуючи однакову кількість кубометрів, отримують різну теплоту згоряння.

Враховуючи світовий досвід та проаналізувавши національний стандарт України [2], який установлює методи обчислювання вищої теплоти згоряння, нижчої теплоти згоряння, густини, відносної густини і числа Воббе сухих природних газів за відомим компонентним складом газу, доцільним є розрахунок кількості спожитого газу з врахуванням його енергетичної цінності.

Тому актуальною задачею є вдосконалення існуючих методів та засобів контролю енергетичної цінності природного газу та створення пристрою експрес контролю якості газу у споживача, що дасть змогу зробити облік газу більш об'єктивним при використанні і при встановленні цін і тарифів.

Аналіз методів та засобів визначення якісних показників природного газу.

В Україні контроль теплоти згоряння природного газу здійснюють газотранспортні та газопоста-

вальні організації. Для розрахунку теплоти згоряння використовують прямі згідно ГОСТ 27193-86 [3] та опосередковані згідно ГОСТ 22667-82 [4] методи. На даний час найбільшого використання набув розрахунковий (опосередкований) метод на основі хроматографічного аналізу компонентного складу природного газу. Суть хроматографічного методу полягає у розділенні суміші газів на окремі газові компоненти з їх наступною ідентифікацією. Хроматографи в основному є лабораторними засобами, які використовуються на підрозділах газового господарства для періодичного контролю якості природного газу, відповідності його показників чинним нормативним документам і стандартам. Даний метод визначення теплотворної здатності природного газу можливий лише за наявності дорогого обладнання та на великих пунктах обліку природного газу. Прямим є калориметричний метод визначення теплоти згоряння природного газу, який реалізується за допомогою газового водяного калориметра неперервної дії, який ґрунтується на безпосередньому вимірюванні теплової енергії газу, яка виділяється внаслідок його спалювання.

Останнім часом темі контролю якості природного газу присвячено багато наукових робіт та запатентованих рішень.

У роботі [5] запропонований експрес метод визначення теплоти згоряння газу, в основу якого покладено кореляційну залежність. Суть методу полягає в одночасному вимірюванні швидкості поширення ультразвуку в газі, вмісту діоксиду вуглецю і використанні штучних нейронних мереж в якості нелінійного апроксиматора теплоти згоряння як функції зазначеного комплексу параметрів.

Інший підхід до визначення теплоти згоряння природного газу через його компонентний склад є оптичний метод інфрачервоної спектроскопії [6]. Суть якого полягає у вимірюванні інтенсивності

поглинання природним газом інфрачервоних коливань, що проходять через нього. Даний метод реалізований з допомогою вимірювальної схеми, яка складається з трьох кільцеподібних кювет.

У роботі [7] обґрунтовано можливість використання парціального витратоміра із термочутливим давачем для визначення теплоти згоряння природного газу шляхом використання коефіцієнта тепловіддачі як інформативного параметра при його функціонуванні.

Метою даної роботи є короткий огляд і аналіз сучасних підходів до визначення теплоти згоряння природного газу. Вибір оптимального методу для оцінки якісних характеристик газу з подальшим його вдосконаленням та уніфікацією відносно особливостей об'єкту контролю.

Виклад основного матеріалу

Враховуючи вплив компонентного складу природного газу на його теплофізичні властивості [8], запропоновано використання методів, в основу яких покладено процес теплоперенесення в газах.

Для визначення концентрації, властивостей вибухонебезпечних газів застосовують теплові, оптичні, іонізаційні, електрохімічні методи газового аналізу [9–10]. Теплові методи засновані на вимірі теплопровідності газової суміші (термокондуктометричний метод) або теплового ефекту радіації (термохімічний метод). Найбільш широке застосування знайшов термокаталітичний метод (термокаталітичний датчик), заснований на безполуменовому спалюванні метану на каталізаторах, для якого характерна висока вибірковість і чутливість до вимірюваного компонента. Вимірювальна схема представлена на рис. 1.

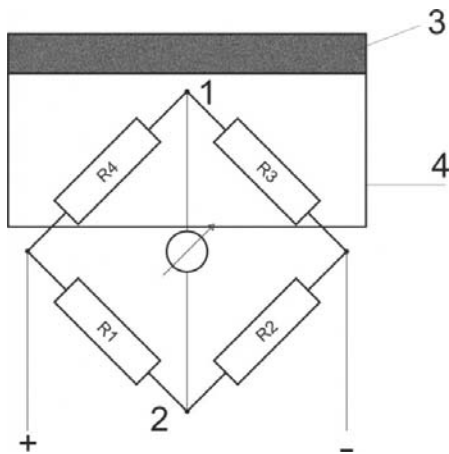


Рис. 1. Вимірювальна схема термокаталітичного давача:

1, 2 – точки вимірювання сигналу; 3 – вогнезахист;
4 – корпус сенсора

Вимірювальна схема складається з чотирьох елементів з'єднаних за допомогою мостової схеми.

Резистори R3 і R4 (Пеллістори) знаходяться в зоні зіткнення з вимірюваним компонентом. Обидва резистора нагріті (близько 400 °С). Один з резисторів покритий спеціальним каталітичним шаром. При попаданні горючої суміші на поверхню резистора з каталітичним напильником на ній починається реакція окислення з виділенням тепла. Опір цього резистора починає зростати, баланс моста змінюється. Сигнал розбалансу знімається з точок 1 і 2. Сенсори закриті спеціальною “губкою” з вогнетривкого металу (3) для того щоб нагрітий пеллістор (опір з каталітичним шаром) не спричинив займання горючих парів в вимірювальній зоні. Пеллістор аналогічний вольфрамовій нитці лампочки розжарювання. Метод має лінійну характеристику.

Конструктивно термокаталітичний сенсор [11] (рис. 2) являє собою пару чутливих елементів, виготовлених з тонкого платиного дроту, який змотаний в котушку, на яку нанесена керамічна підкладка, наприклад, з оксиду алюмінію.

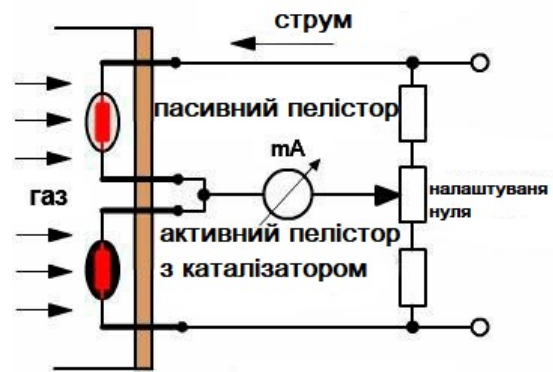


Рис. 2. Конструкція термокаталітичного сенсора

До недоліків термокаталітичного методу слід віднести можливість перегріву і виходу з ладу чутливих елементів при тривалій дії високих концентрацій метану, вплив на результати вимірювання зміни опору газодифузійних фільтрів і каталітичної активності елементів в результаті тривалої експлуатації, нестабільність “нуля” аналізаторів при зміні температури навколишнього середовища, газового складу та напруги живлення, відносно велику (в порівнянні з оптичним і ультразвуковим методами) інерційність засобів контролю, заснованих на термокаталітичному методі.

Іншим методом аналізу складу газу, який ґрунтується на вимірюванні теплопровідності, є термокондуктометричний [12].

Термокондуктометричний метод вимірювання концентрації заснований на різниці параметра теплопровідності різних газів. Так само як і в термокаталітичному методі, тут (рис. 3) є два елементи, нагріті до певної температури. Один з елементів (R4), будучи опорним елементом, ізолюваний від вимі-

рюваного середовища і значення його постійно. Інший нагрітий елемент (R3) змінює свою температуру (значить і провідність) при попаданні на нього газу з теплопровідністю відмінною від газу в якому знаходиться опорний елемент. Різниця сигналу пряма пропорційна концентрації вимірюваного газу.

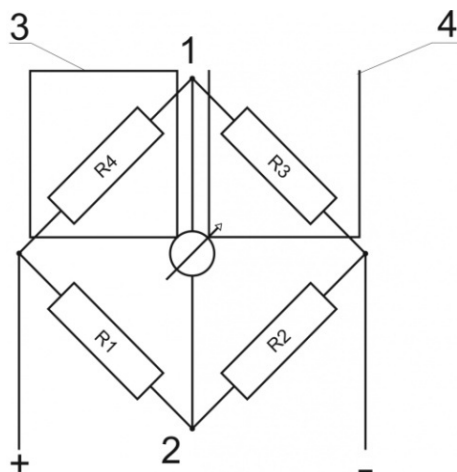


Рис. 3. Вимірвальна схема термокондуктометричного давача
3 – ємність з зразковим газом;
4 – вимірвальна ємність

На схемі (рис. 3) показаний спосіб реалізації термокондуктометричного методу за допомогою мостового принципу, аналогічно термокаталітичному. Методу не потрібний кисень. Діапазон вимірювання до 100% обсягу. Теплопровідність вимірюваного газу повинна значно відрізнятися від теплопровідності зразка (той газ, в якому знаходиться опорний елемент, зазвичай повітря). Крім теплопровідності вимірюваного газу на вимірювання впливає конвекція, перенесення маси і звичайно ж зміна вологості.

Слід зазначити, що існуючим термокондуктометричним газоаналізаторам притаманний ряд недоліків, які полягають в істотному впливі на результати вимірювання неконтрольованих компонентів газової суміші, що змінюють її теплопровідність, в тому числі вуглекислого газу, водню, парів води. Крім того, через різного роду характеру температурної залежності коефіцієнтів теплопровідності контрольованої і еталонної суміші газового середовища, на результати вимірювання може впливати температура, а через наявність конвективного теплообміну і тиск середовища.

Перевагами вищенаведених давачів є простота конструкції, висока швидкодія.

Висновки

У статті здійснено аналіз методів визначення концентрації газових сумішей. Здійснено огляд найбільш поширених методів газового аналізу, в основу яких покладено теплопровідність, розглянуто їх переваги і недоліки, можливості застосування для розв'язання поставлених задач. Проведено обґрунтування актуальності та доцільності використання термокаталітичного датчика як чутливого елемента для пристрою контролю теплоти згорання природного газу.

Використання давачів, в основу роботи яких покладено термокаталітичний та термокондуктометричний методи, дозволить спроектувати побутовий пристрій експрес контролю теплотворної здатності природного газу.

Тому важливою метою подальшої роботи є вдосконалення термокаталітичного методу контролю складу газів та його уніфікація орієнтовно особливостей об'єкта контролю.

Список літератури

- ГОСТ 5542. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.
- Природный газ. Визначення енергії: ДСТУ ISO 15112:2009. – [Чинний від 2011-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 48 с. – Національний стандарт.
- ГОСТ 27193-86. Газы горючие природные. Метод определения теплоты сгорания водяным калориметром.
- ГОСТ 22667-82. Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа Воббе.
- Дарвай І.Я. Теоретичне обґрунтування методу визначення теплоти згорання природного газу / І.Я. Дарвай // Нафтогазова енергетика: проблеми та перспективи: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції та виставки. – Івано-Франківськ, 20-23 жовтня 2009 р. – С. 105.
- Романів В.М. Дослідження експериментального зразка системи контролю енерговмісту природного газу / В.М. Романів, С.А. Чеховський // Метрологія та прилади. – 2014. – № 1. – С. 192-196.
- Малісевич В.В. Метрологічна модель напірного витратоміра при контролі енергетичної цінності природного газу / В.В. Малісевич, О.С. Середюк, Д.О. Середюк // Український метрологічний журнал. – 2015. – № 1. – С. 58-63.
- Малісевич В.В. Дослідження впливу якісних параметрів природного газу на функціонування парціального витратоміра / В.В. Малісевич, О.С. Середюк // Вимірвальна техніка та метрологія. – 2013. – № 74. – С. 158-163.
- Засоби та методи вимірювань неелектричних величин / С.С. Поліщук, М.М. Дорожовець, Б.І. Стадник та ін.; за ред. С.С. Поліщука. – Львів: В-во "Бескид Біт", 2008. – 618 с.

10. Метрологія і технологічні вимірювання в нафтогазовій промисловості / С.А.Чеховський, Н.М. Піндус, О.Є. Середюк та ін.; за ред. С.А.Чеховського. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010. – 534 с.
11. Сенсоры и блоки датчиков для приборов газового анализа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sensorgas.ru/poleznoe.html&art=8>.
12. Шинкарук Х.М. Математична модель термокондуктометричного аналізатора для дослідження якісних характеристик газу / Х.М. Шинкарук, Н.М. Піндус, С.А. Чеховський // Тези доповідей 3 Міжнародної науково-практичної конференції “Управління якістю в освіті та промисловості”. – Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2017. – С. 230-231.

References

1. State Standard (1987), “5542 Ghazy ghorjuchye pryrodnye dlja promyshlennogho y kommunaljno-bytovogho naznachenija. Tekhnicheskye uslovija” [5542 Flammable natural gas for industrial and public utilities. Technical specifications], available at: www.docs.cntd.ru/document/gost-5542-87.
2. State Standard of Ukraine (2010), “15112: 2009 Pryrodnyj ghaz. Vyznachennja energhiji” [15112: 2009 Natural gas. Determination of energy], Derzhspozhyvstandart of Ukraine, Kyiv, 48 p.
3. State Standard (1987), “27193-86 Ghazy ghorjuchye pryrodnye. Metod opredelenija teploty sghoranyja vodjanyj kalorymetrom” [27193-86 Flammable natural gas. Method for determining the heat of combustion by a water calorimeter], available at: <http://vsegost.com/Catalog/18/1813.shtml>.
4. State Standard (1982), “22667-82 Ghazy ghorjuchye pryrodnye. Raschetnyj metod opredelenija teploty sghoranyja, otnosytelnoj plotnosti y chysla Vobbe” [22667-82 Flammable natural gas. Calculation method for determining the heat of combustion relative density and Wobbe number], available at: www.online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=60686.
5. Darwai, I.Ya. (2009), “Teoretychne obgruntuvannja metodu vyznachennja teploty zghorjannja pryrodnogho ghazu” [Theoretical substantiation of the method of determining the heat of combustion of natural gas], *Naftogazova power engineering: problems and perspectives: materials of the International scientific and technical conference and exhibition*, Ivano-Frankivsk, October 20-23, pp.105.
6. Romanov, V.M. and Chekhovsky, S.A. (2014), “Doslidzhennja eksperymentaljnogho zrazka systemy kontrolju energohovmistu pryrodnogho ghazu” [Investigation of the experimental sample of the system for monitoring the energy content of natural gas], *Metrology and devices*, No. 1, pp. 192-196.
7. Malisevich, V.V., Serdiyuk, O.E. and Seredyuk, D.O. (2015), “Metrologichna modelj napirnogho vytratmira pry kontroli energhetychnoji cinnosti pryrodnogho ghazu” [Metrological model of a pressure flow meter in controlling the energy value of natural gas], *Ukrainian Metrological Journal*, No. 1, pp. 58-63.
8. Malisevich, V.V. and Sederyuk, O.E. (2013), “Doslidzhennja vplyvu jakisnykh parametriv pryrodnogho ghazu na funkcionuvannja parcialjnogho vytratmira” [Investigation of the influence of natural gas quality parameters on the operation of a partial flow meter], *Measuring technique and metrology*, No. 74, pp. 158-163.
9. Polischuk, Y., Dorozovets, M., Stadnik, B. (2008), “Zasoby ta metody vymirjuvanj neelektrychnykh velychyn” [Means and methods of measuring non-electric quantities], Beskid Beat, Lviv, 618 p.
10. Chehovsky S.A., Pidus, N.M. and Shereiuk, O.E. (2010), “Metrologhija i tekhnologichni vymirjuvannja v naftoghozovijpromyslovosti” [Metrology and technological measurements in the oil and gas industry], IFNTUNG, Ivano-Frankivsk, 534 p.
11. “Sensory y bloky datchykov dlja pryborov ghazovogho analiza” [Sensors and sensor units for gas analyzers], available at: www.sensorgas.ru/poleznoe.html&art=8.
12. Shynkaruk, H., Pindus, N. and Chekhovsky, S. (2017), “Matematychna modelj termokonduktometrychnogho analizatora dlja doslidzhennja jakisnykh kharakterystyk ghazu” [Mathematical model of thermoconductivity analyzer for the study of qualitative gas characteristics], *Abstracts of the 3rd International Scientific and Practical Conference “Quality Management in Education and Industry”*, Lviv National Polytechnic University, Lviv, pp. 230-231.

Надійшла до редколегії 11.09.2018

Схвалена до друку 6.11.2018

Відомості про авторів:

Шинкарук Христина

аспірант
Івано-Франківського національного технічного
університету нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

Чеховський Степан Андрійович

кандидат технічних наук
професор кафедри Івано-Франківського
національного технічного університету нафти і газу,
Івано-Франківськ, Україна

Information about the authors:

Khrystyna Shynkaruk

Doctoral Student
of Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

Stepan Chekhovsky

Candidate of Technical Sciences
Professor of the Department of Ivano-Frankivsk National
Technical University of Oil and Gas,
Ivano-Frankivsk, Ukraine

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕРМОКАТАЛИТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОТВОРНОЙ СПОСОБНОСТИ ПРИРОДНОГО ГАЗА

Х.Н. Шинкарук, С.А. Чеховський

Данная работа посвящена изучению вопроса перехода к учету газа по его энергетической ценности. В статье сделан анализ наиболее распространенных методов определения теплоты сгорания природного газа. Рассмотрены термокаталитический и термокондуктометрический методы анализа состава газа, их преимущества и недостатки. Проведено обоснование актуальности и целесообразности использования термокаталитического датчика качестве чувствительного элемента для устройства контроля теплоты сгорания природного газа.

Ключевые слова: природный газ, качество газа, теплота сгорания, термокаталитический метод, термокондуктометрический метод.

APPLICATION OF THE THERMAL-CATALYTIC METHOD FOR DETERMINING THE HEAT-BREAKING ABILITY OF NATURAL GAS

Kh. Shinkaruk, S. Chekhovsky

This work is devoted to the study of the transition to gas accounting for its energy value. With the existing system of accounting and payment for gas in Ukraine, consumers, using the same number of cubic meters, receive a different calorific value. The article analyzes the most common methods for determining the heat of combustion of natural gas. To calculate the heat of combustion using direct and indirect methods. The most common is a calculation method based on chromatographic analysis of the composition of natural gas. The essence of the chromatographic method consists in the separation of a mixture of gases into individual gas components with their subsequent identification. Chromatographs are mainly laboratory facilities that are used at gas facilities to periodically monitor the quality of natural gas and ensure that its indicators comply with applicable regulations and standards. This method of determining the calorific value of natural gas is possible only with expensive equipment and at large gas metering points. Direct is the calorimetric method for determining the heat of combustion of natural gas, which is implemented using a gas water calorimeter of continuous action, based on direct measurement of the thermal energy of the gas, which is released as a result of its combustion. Taking into account the influence of the composition of natural gas on its thermo-physical properties, the possibility of using methods based on the process of heat transfer in gases has been considered. Thermocatalytic and thermoconduction methods for analyzing gas composition are considered. A justification of the relevance and feasibility of using a thermocatalytic sensor as a sensitive element for the device for monitoring the heat of combustion of natural gas has been carried out. The advantages of the sensors based on thermal catalytic and thermal conductivity methods are simplicity of design, high speed. Therefore, an urgent task is to improve the existing methods and means of monitoring the energy value of natural gas and the creation of an express gas quality control device at the consumer, which will make gas metering more objective when used and in setting prices and tariffs.

Keywords: natural gas, gas quality, heat of combustion, thermocatalytic method, thermoconductometric method.