

# Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 662.767:536.6(083.7)

## НОРМАТИВНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО ГАЗУ

<sup>1</sup>О.М. Карнаш, <sup>2</sup>І.І. Височанський, <sup>1</sup>І.Я. Дарвай

<sup>1</sup>ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42430,  
e-mail: k a r p a s h @ n u n g . e d u . u a

<sup>2</sup>ВАТ «Івано-Франківськгаз», 76010, м. Івано-Франківськ, вул. Ленкавського, 20,  
тел. (0342) 501645

*Питання енергоефективності та енергозаощадження в державі впливають на темпи економічного зростання, інвестиційну привабливість.*

*Особливо високий потенціал енергозаощадження в комунальному і промисловому секторах, які споживають основну частину природного газу.*

*Урядовими рішеннями передбачено перехід суб'єктів газового ринку в здійсненні господарських операцій на використання енергетичних характеристик природного газу.*

*Питома теплота згорання або теплотворна здатність газу – це кількість тепла, яке виділяється під час повного згорання газу в повітрі за сталого тиску і сталої температури, віднесеного до об'єму сухого газу, визначеного за стандартних умов.*

*Нормативною основою забезпечення вимірювання енергетичних характеристик природного газу є державні стандарти України, технічні регламенти та інші нормативно-технічні документи.*

*У статті коротко проаналізовано зміст Державного стандарту України ДСТУ ISO 15112:2009 Природний газ. Визначення енергії. Розглянуто методи визначення і розрахунку кількості енергії, а також засоби, якими можливо здійснити дану операцію безпосередньо у споживача.*

*Ключові слова: газовий ринок, господарські операції, якісні та енергетичні показники визначення природного газу, нормативне забезпечення.*

*Вопросы эффективности и энергосбережения в государстве влияют на темпы экономического роста, инвестиционное привлечение.*

*Особенно высокий потенциал энергосбережения в коммунальном и промышленном секторах, которые потребляют основную часть природного газа.*

*Правительственными решениями предусмотрен переход субъектов газового рынка для осуществления хозяйственных операций на использование энергетических характеристик природного газа.*

*Удельная теплота сгорания или теплотворная способность газа – это количество тепла, которое выходит при полном сгорании газа в воздухе при постоянном давлении и постоянной температуре, который относится к объему сухого газа, определенного по стандартным условиям.*

*Нормативная база обеспечения измерений энергетических характеристик природного газа – это государственные стандарты Украины, технические регламенты и другие нормативные документы.*

*В статье кратко проанализирован Государственный стандарт Украины ДСТУ ISO 15112: 2009 Природный газ. Определение энергии. Рассмотрены методы определения и расчета количества энергии, а также средства, которыми можно выполнять эту операцию непосредственно у потребителя.*

*Ключевые слова: рынок газа, хозяйственные операции, качественные и энергетические показатели определения природного газа, нормативное обеспечение.*

*Energy efficiency and energy saving issues in the state make a great influence on economic growth and investment attractiveness.*

*There is a particularly high energy saving potential in the municipal and industrial sectors that consume the major portion of natural gas.*

*Governmental decisions provide a possibility for gas market entities to use natural gas energy characteristics in their business activities.*

*Low heating value or calorific value of gas is the amount of heat that is released during complete gas combustion at constant pressure and temperature, referred to as a part of dry gas volume, and determined at standard conditions.*

*National standards of Ukraine, technical regulations, as well as other legal and technical documents, are considered to be regulatory frameworks that ensure natural gas energy characteristics measurement.*

*The content of National standard of Ukraine DSTU ISO 15112:2009 "Natural gas. Energy determination" is briefly analyzed in the article. Techniques for determination and calculation of energy amount, as well as the means that allow to carry out these operations directly at the consumer's place, are considered.*

Key words: gas market, business activities, quality and energy characteristics of natural gas measurement, regulatory support.

### **Постановка проблеми**

Енергетичний сектор України в останні роки серйозно впливає на основні критерії, що визначають статус держави, а саме: темпи економічного зростання; енергетична безпека; інвестиційна привабливість. Проте, результати діяльності саме в цьому напрямку були здебільшого не ефективними. За основним показником ефективності економіки держави – споживанням енергоресурсів на один долар внутрішнього валового продукту Україна займає одне з останніх місць. В оновленій Енергетичній стратегії держави задекларовано, що енергозатратність української економіки має зменшитись на 54% до 2030 року [2].

Вступ України до СОТ і подальше підписання Угоди про Європейську асоціацію вимагають швидких, кардинальних і, для деяких учасників енергетичного ринку, болісних змін. Закони ринкової економіки і постійне зростання цін на енергоресурси ставить питання енергоощадження та енергоефективності особливо гостро. Особливо високим потенціалом енергоощадження є в комунальному і промисловому секторах, зокрема в питанні узгодження позицій між постачальниками та споживачами природного газу в питаннях розрахунку його обсягів та якості [7, 9]. Очевидно, і так прийнято в усьому світі, ціна природного газу має залежати, в основному, від його якості.

### **Мета дослідження**

Аналіз стану і перспективи розвитку нормативної і технічної бази в Україні для забезпечення використання суб'єктами газового ринку енергетичних характеристик природного газу у здійсненні господарських операцій (купівлі, продажу, транспортування).

### **Аналіз сучасного стану**

У вітчизняних і закордонних науково-технічних виданнях достатньо широко аналізуються методи, засоби та технології визначення якісних показників природного газу: фракційного складу, вологості, теплоти згорання природного газу [3].

Для цього використовуються різні методи: калометричний [1], хроматографічний [6], кваліметричний, адсорбційний, електродіодний [8] та ін.

Також прийнято низку нормативних і порядкових документів, які б мали забезпечити вимірювання енергетичних характеристик природного газу в Україні. Основні з них наступні:

- Закон України «Про засади функціонування ринку природного газу» від 2010.07.08 № 2467-VI зі змінами від 01.01.2013;

- ДСТУ ISO 6976:2009 Природний газ. Обчислення теплоти згорання, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу;

- ДСТУ ISO 15112:2009 Природний газ. Визначення енергії;

- Закон України «Про забезпечення комерційного обліку природного газу» від 16.06.2011, № 3533-VI;

- ДСТУ 2614-94 Метрологія. Державна повітряна схема для засобів вимірювань енергії згорання;

- ДСТУ 4110-2002 Енергоцінність. Методика аналізу та розрахування питомих витрат енергоресурсів;

- ДСТУ ISO 10715:2009 Природний газ. Настанови щодо відбирання проб (ISO 10715:1997, IDT);

- ДСТУ ISO 6974-6:2007 Природний газ. Визначення складу із заданою невизначеністю методом газової хроматографії. Частина 6. Визначення водню, гелію, кисню, азоту, вуглекислого газу і вуглеводнів від C1 до C8 із використанням трьох капілярних колонок;

- ГОСТ 22667-82 Газы горючие природные. Расчетный метод определения теплоты сгорания, относительной плотности и числа «Воббе» (Газы горючі природні. Розрахунковий метод визначення теплоти згорання, відносної густини та числа «Воббе»);

- ГОСТ 22667-87 Газы горючие природные. Хроматографический метод определения компонентного состава (Газы горючі природні. Хроматографічний метод визначення компонентного складу).

Варто зазначити, що останні нормативні документи є основними (базовими) для визначення теплоти згорання природного газу, а вони були розроблені і прийняті майже 30 років назад. У світі відбувається третя технологічна революція, створені нові технології, засоби, у тому числі і у визначенні енергетичних характеристик природного газу, а Україна продовжує вперто користуватися ними, що дуже дивно.

### **Виклад основного матеріалу**

Основою для переходу суб'єктів газового ринку у здійсненні господарських операцій на використання енергетичних характеристик природного газу, зведених до одиниці вимірювання енергії в системі Сі-джоулі, має стати

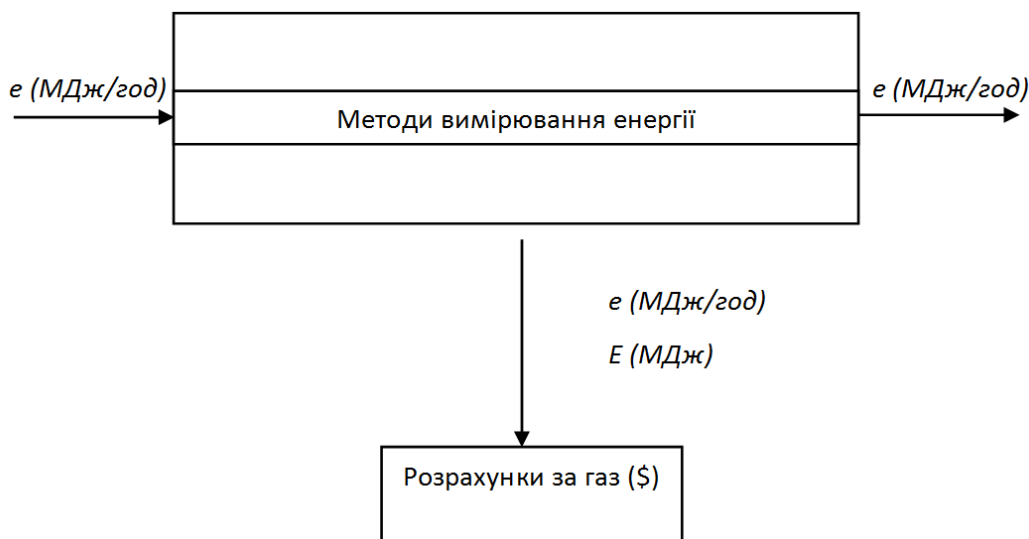


Рисунок 1 – Схема вимірювання енергії

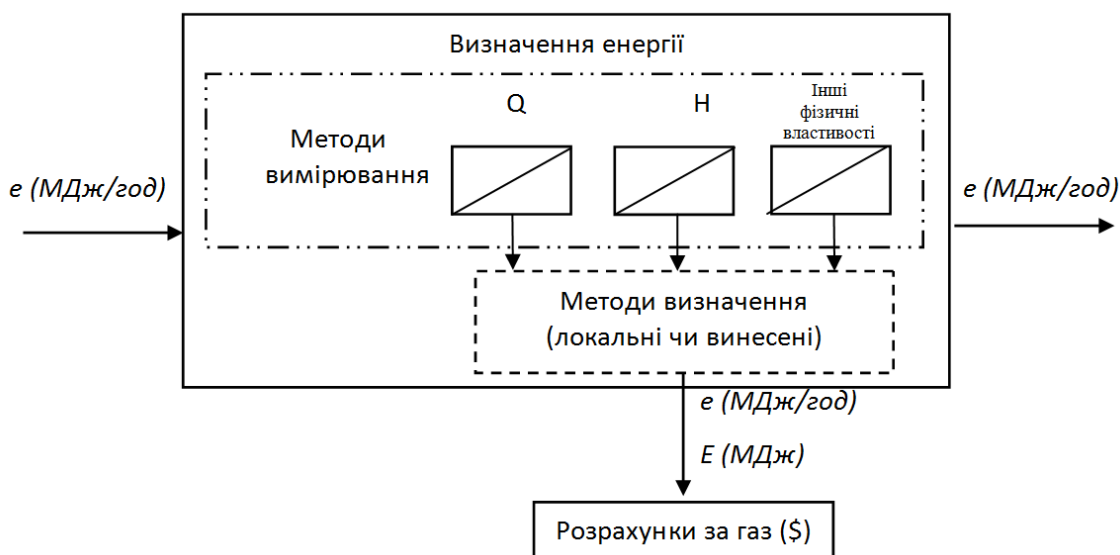


Рисунок 2 – Схема визначення енергії

насамперед реалізація положень Державного стандарту України ДСТУ ISO 15112:2009 Газ природний. Методи визначення енергії за допомогою існуючих та нових розроблених технічних засобів визначення енергетичних характеристик природного газу з наступним внесенням їх у Державний реєстр засобів вимірювань в Україні.

Коротко проаналізуємо зміст вказаного нормативного документу. Основними його розділами є:

1. Вимірювання витрати і властивостей газу (вимірювання об'єму та теплоти згорання, перетворення об'єму, калібрування, зберігання і передавання даних).

2. Визначення енергії (місця передавання в яких визначається енергія; методи визначення енергії).

3. Стратегія і процедури (визначення обсягу інформації, необхідної для реалізації стратегії визначення енергії; перевірки достовірності отриманих даних).

4. Методи призначення (призначення фіксованого, змінного та характерного значення теплоти згорання, моніторинг якості).

5. Розрахунок кількості енергії (розрахунок середніх значень, перетворення об'єму в масу, визначення енергії за заявленою теплотою згорання).

6. Точність розрахункової енергії (розрахунок невизначеності та аналіз систематичних похибок).

7. Контроль і забезпечення якості.

Загальні принципи, закладені в основу методу визначення енергії, це кількість енергії,  $E$ , що міститься у даній кількості газу,  $Q$ , розраховують множенням теплоти згорання,  $H$ , на відповідну кількість газу.

Енергію можна вимірювати безпосередньо або розраховувати за кількістю і теплотою згорання газу (див. рис. 1- 2).

Здебільшого, кількість газу виражається через його об'єм і теплота згорання знаходиться на основі вимірювань об'єму. Для одержання

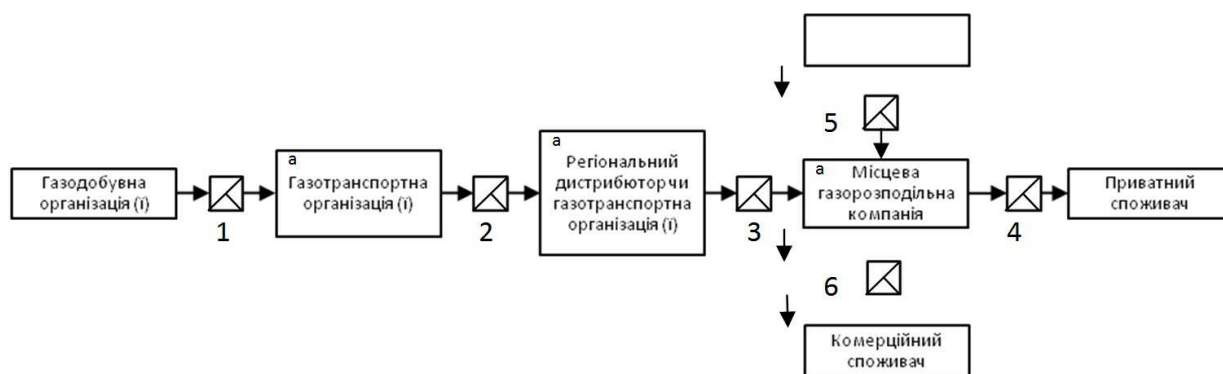


Рисунок 3 – Можливі місця передавання газу, в яких визначається енергія, на шляху від виробника до споживача

точного результату визначення енергії, необхідно, щоб і об'єм газу, і теплота згорання були зведені до однакових заданих умов. Визначення енергії базується або на накопиченні за деякий період часу низки послідовних значень розрахованої теплоти згорання і відповідних значень витрати газу, або на множенні загального об'єму газу на прийняте значення теплоти згорання за той самий період.

Особливо у тих випадках, коли теплота згорання – величина змінна або витрати газу і його теплота згорання визначаються у різних місцях, необхідно враховувати вплив на точність різниці у часі між вимірюваннями теплоти згорання і витратою.

Об'єм газу може бути вимірний і зафіксований як об'єм для рекомендованих ISO стандартних умов або може бути вимірний за інших умов, з подальшим зведенням до стандартних умов, рекомендованих ISO, з допомогою одного з методів перетворення об'єму. Використовуваний у конкретному місці передачі газу метод перетворення об'єму може потребувати якісні характеристики газу, визначені в інших місцях. У даному стандарті за стандартні умови приймається температура 288,15 К і тиск 101325 кПа, відповідно до вимог ISO 13443.

Тип засобів вимірювань і використовуваний метод вимірювання витрати газу на діючих вимірювальних вузлах залежить від:

- відповідних умов національного законодавства;
- витрати газу;
- комерційної вартості газу;
- зміни якості газу;
- необхідності резервування газу;
- інструментальної специфікації.

Необхідно також забезпечити відповідну якість результатів вимірювань витрати газу, яка, загалом, залежить від наступних чинників:

- робочих умов;
- періодичності і якості обслуговування;
- робочих еталонів;
- відбору проби і її очищення;
- зміни складу газу;
- старіння засобів вимірювання.

Важливо визначити і зафіксувати можливі місця передавання природного газу, в яких має

визначитися його енергія. Загальну схему таких місць зображено на рисунку 3.

Квадратами від 1 до 6 (рис. 3) зображено різні місця передавання у схемі газопостачання, які потенційно можуть бути вимірювальними вузлами, але це буде визначено умовами угоди на постачання природного газу.

Загалом, існують два основних методи визначення енергії природного газу:

1. Пряме визначення енергії, за якого окремі фізичні параметри (наприклад,  $Q$ ,  $H$ ) не вимірюються (див. рис. 4). Потік енергії і кількість енергії калібрується і визначається в пункті вимірювання. Під час створення даного стандарту на ринку з'явилися прилади для вимірювання енергії, але вони поки що не випробувані. На сьогодні для них відсутні міжнародні стандарти.

2. Непряме визначення енергії, за якого енергія визначається на основі попередньо вимірених або розрахованих значень об'єму чи маси, теплоти згорання та інших параметрів газу.

Під час непрямого визначення енергії об'єм або маса, теплота згорання та інші фізичні параметри газу, такі як  $CO_2$ , густина і т.п. вимірюються окремо на вимірювальній станції (див. рис. 5); вимірювальне обладнання калібрується індивідуально. Об'ємна витрата і кількість енергії, здебільшого, відображаються в точці вимірювання. Для більших значень кількості газу  $Q_1$  і  $Q_2$ , наприклад, на перетині меж, необхідно визначити теплоту згорання  $H_{S1}$  і  $H_{S2}$  за допомогою двох калориметрів на кожній станції (див. рис. 6).

Другий метод полягає в одержанні значення теплоти згорання та об'єму на вимірювальному вузлі з подальшим передаванням даних на центральну вимірювальну станцію, де визначається витрата енергії і її кількість.

Основною процедурою у визначенні енергії природного газу є розрахунок кількості енергії.

Згідно з рисунком 2 визначення енергії потоку газу базується на залежності зміни витрати і теплоти згорання як функції від часу, тобто  $Q(t)$  і  $H(t)$  відповідно.

Основне диференційоване рівняння визначення енергії  $e(t)$  задається формулою:



Рисунок 4 – Пряме визначення енергії

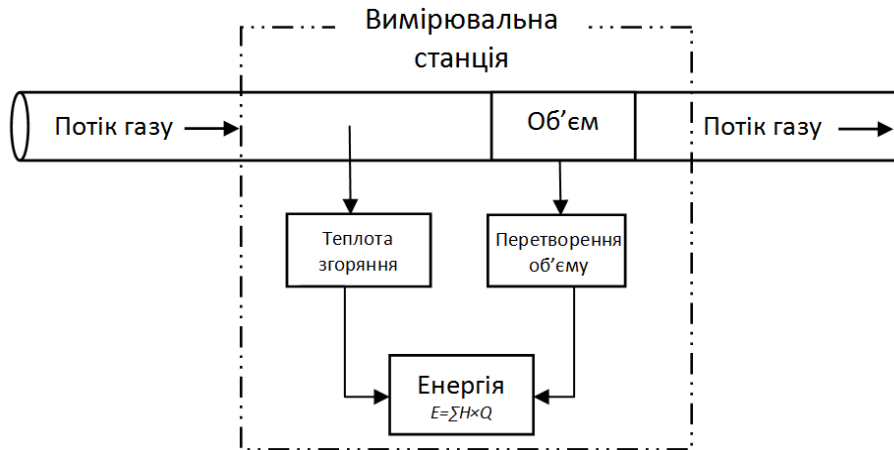
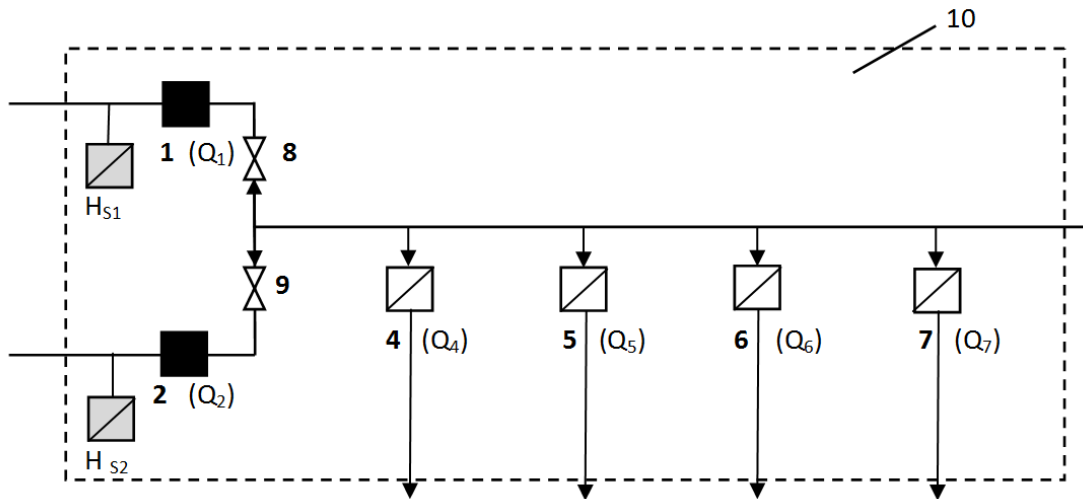


Рисунок 5 – Непряме вимірювання теплоти згорання



1, 2, 4-7 – місця передачі; 8 – вентиль 1; 9 – вентиль 2; 10 – мережа визначення енергії

Рисунок 6 – Призначення змінного значення – приклад для двох газів різної якості і односпрямованого потоку

$$e(t) = Q(t) \cdot H(t) \quad (1)$$

Кількість енергії  $E(t_n)$ , що протікає за період часу від  $t_0$  до  $t_n$  (наприклад, за період визначення енергії), розраховується інтегруванням формули (1) за час  $t$ :

$$E(t_n) = \int_0^{t_n} e(t) dt = \int_0^{t_n} H(t) \cdot q(t) dt \quad (2)$$

Найкоротшим звітним періодом визначення енергії, яка використовується з комерційною метою, є 1 година чи його похідні (наприклад, день, тиждень, місяць, рік).

Для звітного періоду за одну годину можуть застосовуватися дві наступні процедури:

- множення розрахованого за нормальних умов об'єму на середнє значення теплоти згорання за це самий період;

- ситуаційний розрахунок енергії пристроєм зміни об'єму з використанням вимірних значень на основі  $Q_r$  і  $H_r$  з подальшим підсумовуванням цих окремих кількостей енергії упродовж години.

Відповідні погодинні значення кількості енергії можуть послідовно підсумовуватися для одержання величини за день, місяць чи рік.

Як бачимо з проведеного аналізу, процедура визначення енергетичних характеристик природного газу достатньо ретельно виписана в цьому документі і має стати *штатною технологічною операцією* під час здійснення господарських операцій (купівлі, продажу, постачання) на території України. Дані положення будуть відображені в Законі України «Про ринок природного газу», проект якого винесено для обговорення [10]. Для цього важливо, окрім нормативного забезпечення даних вимірювань, мати широкий спектр атестованих технічних засобів для визначення енергетичних характеристик природного газу і, насамперед, теплоти згорання.

В аналізованому стандарті наведено два основні методи вимірювання теплоти згорання природного газу: калометричний і хроматографічний. Ці методи є високовартісними, і вимірювання можливо здійснювати тільки в спеціалізованих лабораторіях.

Водночас, для вимірювання теплоти згорання природного газу можна застосовувати новий метод контролю, суть якого полягає в одночасному вимірюванні швидкості звуку в природному газі і вмісту діоксиду вуглецю та подальшому опрацюванні результатів вимірювань у спеціальній розробленій штучній нейронній мережі [4, 5]. Це дає можливість із задовільною достовірністю і точністю оперативно в режимі реального часу безпосередньо у споживача визначати технічне забезпечення природного газу (ТЗПГ).

### **Література**

1 Газы горючие природные. Метод определения теплоты сгорания водяным калориметром: ГОСТ 27193-86 – [Дата введения 01.01.88]. – М.: Издательство стандартов, 1988. – 16 с. – (Государственный стандарт Союза ССР).

2 Енергетична стратегія України до 2030 року (оновлений текст): <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/doccatalog/document?id=222032>

3 Карпаш О.М. Проблемні питання оцінки якості природного газу в Україні / О.М. Карпаш, І.Я. Дарвай // Нафтогазова енергетика. – 2007. - № 2(3). – С. 46-52.

4 О. Karpash. New approach to natural gas quality determination (Новий підхід до визначення якості природного газу) / О. Karpash, I/ Darvay, M. Karpash // Journal of petroleum science and engineering. – 2010. – Vol. 71, Issue 3-4, h.133-137.

5 Патент 48121 Україна, МПК (2009), G01N25/20. Пристрій для експрес-визначення теплоти згорання природного газу / Карпаш О.М., Дарвай І.Я.; заявник і патентовласник

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – № u200908918; заявл.27.08.09; опубл. 10.03.10, Бюл. № 5. – 3 стор.: іл.

6 Природний газ. Визначення складу із заданою невизначеністю методом газової хроматографії: ДСТУ ISO6974 (частини 1-4):2007. [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – VII, 83 с.

7 Природний газ: інноваційні рішення для сталого розвитку: монографія / Загальна редакція: О. Карпаш; редакційна колегія: Райтер П.М., Карпаш М.О., Яворський А.В., Тацакович Н.Л., Рибіцький І.В., Дарвай І.Я., Банахевич Р.Ю., Височанський І.І. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2014. – 398 с., іл. ISBN: 978-966-694-215-2

8 Теоретичні та практичні задачі кваліметрії природного газу / [Стадник Б.І., Мотало А.В., Мотало П.В., Петровська І.Є.] // Вимірювальна техніка та метрологія – 2005. – Вип. 65. – С. 81-86.

9 Ukraine 2012. Energy policies beyond IEA countries. International Energy Agency. 2012. 221p. ISBN 9789264174510

10. <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/.../article?art>.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
26.05.15*

*Рекомендована до друку  
професором Чеховським С.А.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
професором Петришиним І.С.  
(ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»,  
м. Івано-Франківськ)*