

© М.П. Андріішин

канд. техн. наук

Р.А. Домницький

С.І. Дехтярчук

М.В. Гладишевський

А.В. Едель

Метрологічний центр

Національна акціонерна компанія

«Нафтогаз України»

M.P. Andriishyn

Ph.D. in Engineering Science

R.A. Domnytskyi

S.I. Dekhtyarchuk

M.V. Gladyshevskiy

A.V. Edel

Metrological Centre

National Joint-Stock Company

«Naftogaz of Ukraine»

## Вплив фізико-хімічних показників газу на ефективність роботи газових приладів

### Effect of gas physicochemical parameters on gas appliance operating efficiency

UDC (681.3.06±681.518.54):622.276

*Здійснено аналіз нормативних документів, що встановлюють вимоги до показників якості природного газу в країнах Європи. Проведено дослідження впливу теплоти згорання (калорійності) газу на час нагрівання, теплову потужність та коефіцієнт корисної дії пальників газового приладу.*

**Ключові слова:** показники якості газу, теплота згорання газу, газовий прилад, взаємозамінюваність газів.

*Выполнен анализ нормативных документов, регламентирующих требования к показателям качества природного газа в странах Европы. Проведены исследования влияния теплоты сгорания (калорийности) газа на время нагрева, тепловую мощность и коэффициент полезного действия горелок газового прибора.*

**Ключевые слова:** показатели качества газа, теплота сгорания газа, газовый прибор, взаимозаменяемость газов.

*The analysis of regulations that establish performance requirements of natural gas quality in Europe was done. A study was undertaken on the influence of the heat of combustion (calorific value) of gas on the time of heating, heat power and efficiency of gas burner unit.*

**Key words:** gas quality specifications, calorific value, gas appliances, interchangeability of gases.

Нинішня система газопостачання, побудована ще за старими радянськими підходами, не гарантує постійності значень показників якості газу. Це призводить до неефективного його використання, особливо під час спалювання на пальниках без регулювання подачі первинного повітря.

А втім, очевидно, що зі згоранням на газовому устаткуванні одиниці об'єму природного газу різної калорійності повинна виділятися різна кількість теплоти. Тому розрахунки за спожитий природний газ необхідно проводити, базуючись на вимірюваннях кількості (маси або об'єму) газу та його теплоти згорання.

На сьогодні в Україні зроблено перші кроки до переходу на розрахунки за природний газ за вмістом енергії. З 2011 року набрав чинності ДСТУ ISO 15112 [1], що регламентує методи та порядок визначення енергії під час комерційних розрахунків за спожитий газ. Проте реального впровадження зазначеного документу не відбувається через відсутність технічної можливості вимірювати фактичне значення теплоти згорання газу безпосередньо у кінцевих споживачів або забезпечити його незмінність протягом звітного періоду.

The existing gas supply system, built on the old Soviet approaches does not guarantee permanence values of gas quality. This leads to its inefficient use, especially for the combustion of the burner without primary air flow rate regulation.

It is obvious that the combustion of the gas equipment of the unit of volume of natural gas with the different calorific value leads to the different amounts of heat production. Therefore, payments for natural gas should be carried out based on measuring the amount (weight or volume) of gas and its calorific value.

At present in Ukraine the first steps have been made to switch to energy content of natural gas payments. Since 2011, came into operation ISO 15112 [1], which regulates the methods and procedure for determining the energy for fiscal payments for consumed gas. However, the actual implementation of this standard has not started due to the lack of technical capacity to measure the actual value of the calorific value of gas directly at the end users or to ensure the constance of its values during reporting period.

Represented work aims to examine aspects of global approaches to establish requirements for natural gas quality.

Наша робота має на меті розглянути деякі аспекти застосування світових підходів щодо встановлення вимог до показників якості природного газу.

### Критерії взаємозамінюваності газів

Газові прилади за своєю конструкцією розраховані на використання природного газу з певними характеристиками, що гарантує його ефективне та безпечне споживання. Тому гази вважають взаємозамінюваними [2], якщо вони забезпечують задовільну роботу газових приладів без необхідності додаткового налаштування. Газ-замінник повинен забезпечувати стабільне горіння з незначною зміною продуктивності для всіх типів пальників. Вимога задовільної роботи пальника полягає в тому, що тепло, що підводиться, незважаючи на деякі варіації складу газу, повинно залишатися постійним, а полум'я – стабільним. Потрібно зауважити, що стабільність полум'я і повнота згорання є функціями не тільки властивостей газу, але й конструкції пальника.

Найбільш достовірним методом оцінки взаємозамінюваності газів є випробування в лабораторних умовах газових приладів, які використовуються в певному регіоні, на газах-замінниках після початкового налаштування на еталонному газі [3].

Головним критерієм взаємозамінюваності, який приймають в умовах контрактів учасники європейського газового ринку, і важливим засобом (мірою) оцінки ефективності горіння газу є число Воббе:

$$W = \frac{H}{\sqrt{d}}, \quad (1)$$

де  $H$  – теплота згорання газу,  $d$  – відносна густина газу.

Зі збільшенням числа Воббе швидкість надходження енергії до пальника зростає до тих пір, доки число Воббе не досягне значення, за якого кисень повітря не встигатиме повністю прореагувати з газом, тобто точки, за якої починається неповне згорання (утворення монооксиду вуглецю (CO) або сажі).

Зі зменшенням числа Воббе швидкість надходження енергії до пальника уповільнюється. Тому за низьких значень числа Воббе деякі прилади, зокрема проточні водонагрівачі, не працюють на номінальній потужності, оскільки кількості підведеного тепла недостатньо, щоб нагріти відповідну кількість води. Також при низьких значеннях числа Воббе відбувається відрив полум'я.

### Моделі оцінки взаємозамінюваності газів

На практиці взаємозамінюваність паливних газів оцінюється з використанням різних критеріїв та емпіричних моделей, які прогнозують ефективність згорання.

#### Модель Даттона (Великобританія)

У Великобританії технічні вимоги до показників якості природного газу (таблиця) регламентуються правилами газової безпеки – Gas Safety (Management) Regulations [4], які встановлюють обмеження щодо значень параметрів газу, котрий надходить до розподільної мережі, та вимогами комерційних контрактів на постачання газу.

Вимоги зазначених правил спрямовані на забезпечення безпечного транспортування газу та його використання побутовими газовими приладами. Ці вимоги ґрунтуються на моделі, розробленій Брайаном Даттоном для British Gas. Модель Даттона (рис. 1) зводиться до приведення складу газу у відповідність до складу еквівалентної чотирьохкомпонентної

### The interchangeability criteria of gases

Gas appliances in their construction are designed to use natural gas with certain characteristics that guarantee efficient and safe use. Thus, gases are considered as interchangeable [2] if they provide satisfactory operation of gas appliances without the need for additional configuration. Replacement gas should provide stable combustion with little change in performance for all types of burners. The requirement of satisfactory operation of the burner is that despite some variation of gas composition, supplied heat must remain constant, and the flame - stable. It should be noted that the stability of the flame and combustion efficiency are functions of not only the properties of the gas, but the design of the burner as well.

The most reliable method of assessing the interchangeability of gases is testing gas appliances which are used in a particular region in laboratory conditions on gas appliances after the initial setup on the reference gas [3].

The main criterion of interchangeability, which is taken in terms of the contract by members of the European gas market and is an important mean (degree) of efficiency estimate of the gas combustion – is Wobbe index:

$$W = \frac{H}{\sqrt{d}}, \quad (1)$$

where  $H$  – calorific value of the gas,  $d$  - relative density.

As the Wobbe index increases, the rate of energy delivery to the burner increases until the point at which there is insufficient time for oxygen to combine with the gas, at which point incomplete combustion occurs (formation of carbon monoxide (CO) or carbon particles (soot)).

As the Wobbe index decreases, the rate of heat delivery to the burner falls. Therefore, at low Wobbe index values, certain appliances, such as instantaneous water heaters fail to perform because the heat delivery is never sufficient to heat the water. Flame lift occurs at even lower Wobbe Index.

### Gas interchangeability models

Gas interchangeability is assessed using various criteria and empirical models that predict combustion performance.

#### Dutton model (United Kingdom)

Current UK natural gas quality technical requirements (Table) regulated by gas safety regulations – Gas Safety (Management) Regulations (GS(M)R) [4], which set limits on the values of the gas parameters supplied to the distribution network and gas supply commercial contracts requirements.

The requirements of mentioned rules are aimed to ensure the safe gas transportation and its use by domestic gas appliances. These requirements are based on a model created by Brian Dutton for British Gas. The Dutton model (Fig. 1) reduces the gas composition in accordance with the equivalent quaternary mixture – a mixture of methane, propane, hydrogen and nitrogen with the same characteristics as a real gas. Equivalent mixture is calculated as follows:

- Hydrocarbons, except methane and propane, expressed as an equivalent amount of methane and propane, which have the same ideal volume and the same average number of carbon atoms per molecule, as in that of hydrocarbons;
- Inert gases, including nitrogen, expressed in equivalent amounts of nitrogen, which when mixed with all non-inert gas

Таблиця/ Table

Порівняння показників якості газу/ Comparison of Gas Quality Specifications

Показник/Parameter	Норвезький газ/ Norwegian	GS(M)R	NTS*	IUK**
Вища теплота згорання, МДж/м <sup>3</sup> / Gross CV, MJ/m <sup>3</sup>	38,1–43,7	–	36,9–42,3	38,9–44,6
Число Воббе, МДж/м <sup>3</sup> / Wobbe Index, MJ/m <sup>3</sup>	48,3–52,8	47,2–51,41	48,14–51,41	48,23–51,17
Вміст кисню/ Охуген	0,1 моль % /0,1 mol %	0,2 моль %/0,2 mol %	10 ppm	10 ppm
Вміст двооксиду вуглецю / CO <sub>2</sub>	2,5 моль % / 2,5 mol %	–	2 моль %/2 mol %	2 моль %/2 mol %
Вміст сірководню / H <sub>2</sub> S	5 мг/м <sup>3</sup> /5 mg/m <sup>3</sup>	≤5 мг/м <sup>3</sup> /≤5 mg/m <sup>3</sup>	max 3,3 ppm	max 3 ppm
Загальний вміст сірки/Total sulphur	15 ppm	≤50 мг/м <sup>3</sup> / ≤50mg/m <sup>3</sup>	15 ppm	15 ppm
Точка роси води/Water dewpoint	-18 °C при тиску 69 атм/ -18 °C at 69 barg	–	-10 °C при тиску подачі/-10 °C at delivery pressure	-10 °C при тиску 69 атм /-10 °C at 69barg
Точка роси вуглеводнів/ Hydrocarbon dewpoint	-10 °C при тиску 50 атм/ -10 °C at any pressure above 50 barg	–	-2 °C при тиску 75 атм/ -2 °C at 75 barg	-2 °C при тиску 69 атм / -2 °C at 69 barg
Вміст водню/Hydrogen	–	0,1 моль %/0,1 mol %	0,1 моль %/0,1 mol %	–
Температура газу /Delivery Temp.	–	–	між 1 і 38 °C/ between 1 and 38 °C	між 2 і 38 °C/ between 2 and 38 °C
Фактор неповного згорання/ICF	–	менше від 0,48/ less than 0,48	менше від 0,48/ less than 0,48	–
Індекс сажоутворення/Soot Index	–	менше від 0,60/ less than 0,60	менше від 0,60/ less than 0,60	–
Вміст інертних газів/ Inerts	–	–	не більше 7 моль % / not more than 7 mol %	–
Вміст азоту/Nitrogen	–	–	не більше 5 моль % / not more than 5 mol %	–

Примітка.

Прочерки в таблиці вказують на відсутність нормування цього показника.

Значення теплоти згорання та числа Воббе за стандартних умов спалювання та вимірювання  $t_1/^\circ\text{C}=15$ ,  $t_2/^\circ\text{C}=15$ ,  $p/\text{kPa}=101,325$ .

\*NTS – Національна система магістральних газопроводів; \*\*IUK – Інтерконектор Юнайтед Кінгдом.

Note: The dashes in the table indicate the absence of normalization of the parameter.

The calorific value and Wobbe index at standard combustion and measuring conditions:  $t_1/^\circ\text{C}=15$ ,  $t_2/^\circ\text{C}=15$ ,  $p/\text{kPa}=101,325$ .

\*NTS (National Transmission System); \*\*IUK (Interconnector United Kingdom).

суміші – суміші метану, пропану водню і азоту з такими ж характеристиками, як і реальний газ. Еквівалентну суміш розраховуємо так:

- вуглеводні, за винятком метану і пропану, виражені у вигляді еквівалентної кількості метану і пропану, які мають той самий ідеальний об'єм і таке ж середнє число атомів вуглецю в молекулі, що й у зазначених вуглеводнях;

- інертні гази, у тому числі азот, виражені в еквівалентній кількості азоту, який під час змішування з усіма неінертними компонентами газу дає число Воббе, рівне числу Воббе реального газу.

Рівняння для визначення індексу сажоутворення (SI), фактора неповного згорання (ICF), індексу відриву полум'я (LI) були отримані шляхом експериментальних досліджень, виконаних на газових приладах:

$$CI = 0,896 \cdot \tan^{-1} \cdot (0,0255 \cdot C_3H_8 - 0,0233 \cdot N_2 + 0,617), \quad (2)$$

$$ICF = (W_s - 50,3 + 0,03 \cdot PN) / 1,56, \quad (3)$$

$$LI = 3,25 - 2,41 \cdot \tan^{-1} \cdot \{0,122 \cdot (W_s - 36,8 - 0,0119 \cdot PN)\}^{-1}, \quad (4)$$

де  $W_s$  – вище число Воббе;  $PN$  – сума відсотків пропану і азоту в еквівалентній суміші.

Гази вважаються прийнятними (взаємозамінними), якщо значення їх характеристик знаходяться у межах діаграми прогнозування Даттона.

#### Технічні правила G 260 (Німеччина)

У Німеччині вимоги до показників якості газу, що пода-

components give Wobbe index equal to the Wobbe index of the real gas.

The equations for soot index (SI), incomplete combustion factor (ICF) and lift index (LI) were obtained by experimental studies carried out on gas appliances:

$$CI = 0,896 \cdot \tan^{-1} \cdot (0,0255 \cdot C_3H_8 - 0,0233 \cdot N_2 + 0,617), \quad (2)$$

$$ICF = (W_s - 50,3 + 0,03 \cdot PN) / 1,56, \quad (3)$$

$$LI = 3,25 - 2,41 \cdot \tan^{-1} \cdot \{0,122 \cdot (W_s - 36,8 - 0,0119 \cdot PN)\}^{-1}, \quad (4)$$

where  $W_s$  – means the Wobbe number;

$PN$  – means the sum of the percentages by volume of propane and nitrogen in the equivalent mixture.

Acceptable gas mixtures (interchangeable) are those which lie within the bounds of the Dutton prediction diagram.

#### Technical regulations G 260 (Germany)

In Germany, specifications of gas quality that is being supplied to the distribution network established by technical requirements G260 [5].

Technical regulations set the allowed range of calorific value and Wobbe index for gasses of groups L and H with regard to restrictions on the relative density of the gas. Gases are considered interchangeable, if the values of their characteristics do not exceed the established limits.

#### European approaches to the gas delivery and consumption

For European gas networks identified two main catego-

ється в розподільну мережу, встановлюються технічними правилами G 260 [5].

Технічні правила визначають допустимий діапазон значень (рис. 2) теплоти згорання та числа Воббе для газу груп *L* та *H* з урахуванням обмежень по відносній густині газу. Гази вважаються взаємозамінними, якщо значення їх характеристик не виходять за встановлені граничні межі.

### Європейські підходи до постачання та споживання газу

Для європейських газових мереж використовують дві основні категорії газу, які характеризуються низькою та високою теплою згорання – групи *L* та *H* другого сімейства газів [3]. Якщо газ групи *H* є загальним для всієї Європи, то газ групи *L* розподіляється лише в чотирьох країнах: Нідерланди, Франція, Бельгія і частково Німеччина. У цих країнах газу груп *L* та *H* транспортують по окремих мережах. У Франції, Бельгії та Німеччині мережа газу групи *L* є регіональною.

У Нідерландах мережа газу групи *L* обслуговує побутових, комерційних і невеликих промислових споживачів, тоді як газ групи *H* розподіляється між великими промисловими клієнтами.

Європейські країни застосовують різні підходи до забезпечення гарантованого постачання та ефективного споживання газу. Бельгія та Франція інвестували у виготовлення гнучких пальників, а отже, газові прилади можуть працювати за більш широкого діапазону зміни числа Воббе. Інші країни, зокрема Нідерланди та Німеччина, зупинили свій вибір на виділенні окремих територій, на які природний газ постачається з постійними значеннями калорійності. Цього досягають шляхом змішування газів різної калорійності, доводячи її до необхідного значення. Цей логічний підхід пояснюється тим, що відокремлені мережі для газу груп *H* і *L* та великі запаси газу в місцевих родовищах дають змогу змішувати газ до необхідних характеристик і при цьому не залежати від зовнішніх постачальників.

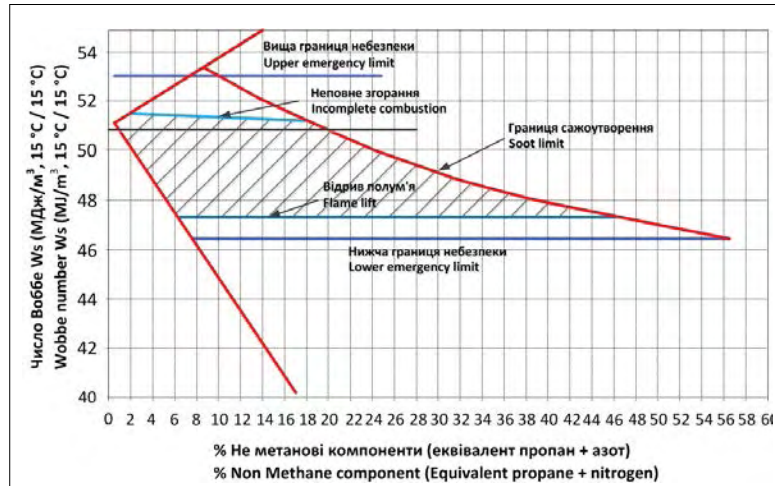


Рис. 1. Діаграма прогнозування Даттона  
Figure 1. Dutton prediction diagram

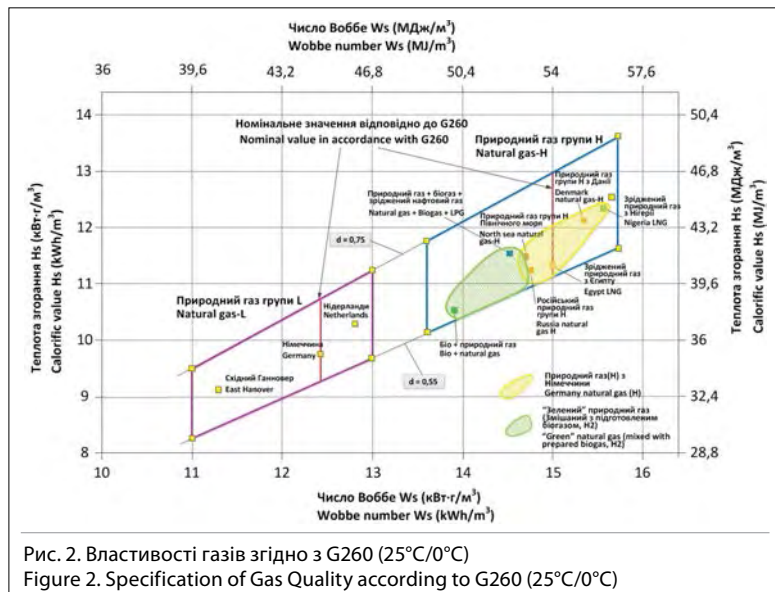


Рис. 2. Властивості газів згідно з G260 (25°C/0°C)  
Figure 2. Specification of Gas Quality according to G260 (25°C/0°C)

ries of gas, characterized by low and high calorific value – groups *L* and *H* of the second family gases [3]. If the gas of group *H* is common throughout Europe, the gas of group *L* is distributed only in four countries: the Netherlands, France, Belgium and part of Germany. In these countries gases of groups *L* and *H* are transported in individual networks. In France, Belgium and Germany group *L* gas network is a regional network. In the Netherlands, a network of gas *L* serves domestic, commercial and small industrial consumers, whereas group *H* gas is distributed for large industrial customers.

European countries have adopted different approaches to guarantee the constant supply and efficient use of gas. Belgium and France have invested in the manufacture of flexible burners, therefore, gas appliances can operate at a wide range of Wobbe index. Other countries such as the Netherlands and Germany opted for the allocation of certain territories to which gas is supplied with a constant

calorific value. This is achieved by mixing the gases of varying calorific values, bringing it to the required value. This is a logical approach in these countries because they have separate networks for gas of groups *H* and *L* and large gas reserves in local fields, allowing mixing gas to the required characteristics and not to be depended on foreign suppliers.

In addition, Germany implemented industrial biogas plants with primary processing and feeding biogas into the gas supply network. Biogas must comply with technical regulations G260 in calorific value and deviation of the calorific value of biogas between the one that is fed into the distribution network and the average value of the network should not exceed 2%. In order to bring gas into compliance with the G260 its preparation has to be done by mixing propane, hydrogen and nitrogen.

### Experimental research of the gas calorific value effect on combustion efficiency and consumption

A study was undertaken by Meteorological Centre on the

Крім того, в Німеччині використовують промислові біогазові установки з первинною обробкою та подачею біогазу в мережу газопостачання. Біогаз повинен відповідати вимогам технічних правил G 260 щодо теплоти згорання, а відхилення значення теплоти згорання біогазу, який подається в розподільну мережу, від середнього значення в мережі не повинно перевищувати 2 %. Для приведення значення теплоти згорання газу у відповідність щодо вимог G 260 проводять його підготовку – змішування з пропаном, воднем та азотом.

**Експериментальні дослідження впливу теплоти згорання газу на ефективність спалювання та обсяги споживання**

Фахівці Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України» провели дослідження впливу теплоти згорання газу на теплову потужність та коефіцієнт корисної дії пальників газового приладу відповідно до [6]. Програмою досліджень передбачалося: приготування газових сумішей із нижчою теплотою згорання в діапазоні від 6900 до 9000 ккал/м<sup>3</sup> шляхом змішування природного газу, відібраного з магістрального газопроводу, з азотом, етаном і пропаном; спалювання сумішей на пальнику газової плити тепловою потужністю 1 кВт для нагрівання води від 20 до 90 °С.

Для реалізації програми досліджень було розроблено експериментальну установку, яка дає можливість готувати суміші із заданою теплотою згорання та проводити процес спалювання газу з автоматичною реєстрацією умов навколишнього середовища (атмосферний тиск, температура, вологість), температури, тиску, об'єму використаного природного газу, температури води та часу її нагрівання. Дослідження проводили за трьох значень тиску газу на вході до газового приладу: 1,8; 2 та 2,5 кПа.

На першому етапі досліджень встановлено, що:

1. величина тиску на вході газового приладу суттєво впливає на час нагрівання та об'єм спожитого газу. Оптимальне значення тиску – 2 кПа;
2. зі збільшенням теплоти згорання (рис. 3) час нагрівання зменшується, а теплова потужність (рис. 4) зрос-

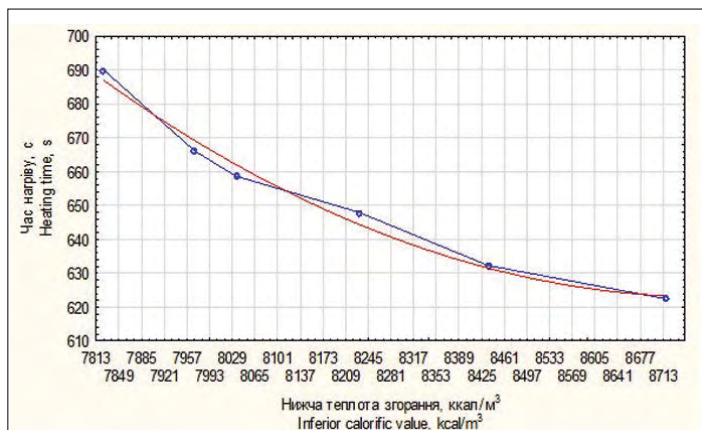


Рис. 3. Залежність часу нагрівання від теплоти згорання  
Figure 3. Heating time dependence on the calorific value

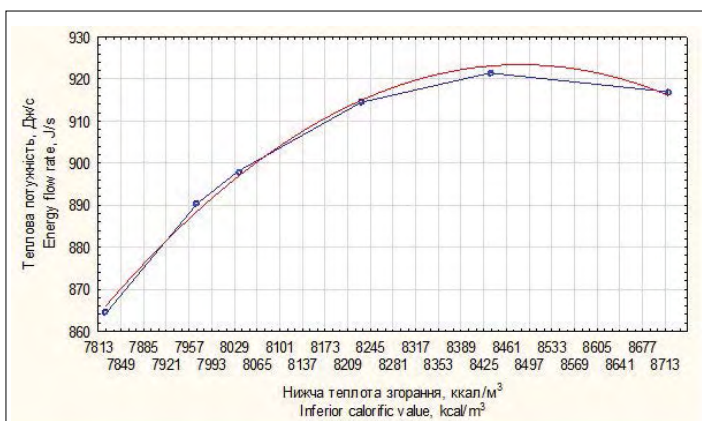


Рис. 4. Залежність теплової потужності від теплоти згорання  
Figure 4. Heating capacity dependence on the calorific value

influence of the gas calorific value on the heat capacity and coefficient of efficiency of the burners of gas appliances according to [6]. The research program contained the following: preparation of gas mixtures with net calorific value in the range of 6900 kcal/m<sup>3</sup> to 9000 kcal/m<sup>3</sup> by mixing natural gas taken from the main gas pipeline with nitrogen, ethane and propane; burning the mixture on a gas stove burner with the heat output of 1 kW to heat water from 20°C to 90°C. For the purpose of the research program an experimental set-up was developed. This test installation allows to prepare a mixture with a given calorific value and carry out the process of the gas combustion with automatic registration of environmental conditions (pressure, temperature, humidity), temperature, pressure and used volume of gas, water temperature and heating time. Research has been carried out under three values of the inlet gas pressures: 1.8 kPa, 2 kPa and 2.5 kPa.

At the first stage of the research has been established that:

1. The inlet gas pressure of the gas appliance has a crucial effect on the heating time and the volume of consumed gas. Optimal pressure value – 2kPa.
2. As the calorific value increases (Fig.3), the heating time decreases and heat capacity (Fig.4) grows, nevertheless dynamic pattern drops.
3. Efficiency coefficient of the gas stove burner in a range of calorific values varies between 55% and 64%.

### Summary

In order to switch to payments for natural gas in terms of energy content necessary the following:

- use a complex approach to the gas preparation and processing as on its field production and at gas clearing plants in accordance with European gas quality requirements;
- adopt normative documents that regulate the requirements for the design and operation of gas measuring stations and metering stations, natural gas quantity and energy measuring devices, gas delivery to distribution networks in compliance with European regulations by means of international standards implementation in Ukraine;
- develop regulatory act that sets accounting and billing requirements for consumed natural gas in terms of energy;

тає, проте при цьому знижується динаміка зміни;

3. коефіцієнт корисної дії пальника плити в діапазоні значень теплоти згорання змінюється у межах від 55 до 64 %.

### Висновки

Для переходу на розрахунки за природний газ за вмістом енергії необхідно:

- використовувати комплексний підхід до підготовки та переробки газу як на місцях його видобування, так і на газопереробних заводах відповідно до європейських вимог до показників якості газу;

- нормативні документи, що регламентують вимоги до проектування та експлуатації газовимірювальних станцій та вузлів обліку, засобів вимірювання кількості та енергії природного газу, передавання газу у розподільні мережі, у відповідність до європейських норм шляхом запровадження в Україні комплексу міжнародних стандартів;

- розробити нормативно-правовий акт, який встановлює вимоги до обліку та розрахунків за спожитий природний газ за вмістом енергії;

- запроваджувати сучасні потокові засоби вимірювання теплоти згорання;

- здійснювати оцінку відповідності приладів, що працюють на газоподібному паливі, з урахуванням вимог EN 437 [3].

- implement up-to-date on-line calorific value determination devices;

- assess the conformity of devices that operate on gaseous fuel with account of EN 437 [3] requirements.

### Список літератури/References

1. **ДСТУ ISO 15112:2009** Природний газ. Визначення енергії. (ISO 15112:2007, IDT). – К.: Держстандарт України, 2010.
2. **ISO 13686:2013** Natural gas. Quality designation (ISO 13686:2013 Природний газ. Показники якості).
3. **EN 437:2003** Test gases. Test pressures. Appliance categories (EN 437:2003 Випробувальні гази. Випробувальні тиски. Категорії приладів).
4. **Gas Safety** (Management) Regulations (Правила газової безпеки). – Режим доступу: <http://www.legislation.gov.uk/ukxi/1996/551/made>.
5. **Technische Regeln** DVGW G260 Gasbeschaffenheit (Технічні правила DVGW G260 Якість газу). – Режим доступу: <http://www.wvgw-shop.de/g-260-arbeitsblatt-03-2013.html>.
6. **ДСТУ 2204-93 (ГОСТ 10798-93)** Плити газові побутові. Загальні технічні умови. – К.: Держстандарт України, 1994.

### Автори статті



#### Андрійшин Михайло Петрович

Кандидат технічних наук, директор Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». Освіта за фахом – Івано-Франківський інститут нафти та газу, спеціальність – спорудження газонафтопроводів, газонафтосховищ і нафтобаз. Основний напрям діяльності, наукових досліджень – прогресивні технології нафтогазовидобування та нафтогазової гідромеханіки; метрологія; вимірювання витрати та кількості рідини і газу.

#### Домницький Ростислав Анатолійович

Головний метролог Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». Закінчив Київський політехнічний інститут. Основний напрям діяльності – метрологія та вимірювання витрати природного газу.



#### Дехтярчук Сергій Іванович

Начальник відділу метрологічного контролю засобів вимірювання фізичних параметрів газу Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». Закінчив Київський політехнічний інститут, спеціальність – хімічна технологія

неорганічних речовин. Основні напрями діяльності – метрологія, вимірювання параметрів потоку, витрати, вимірювання тиску, вимірювання фізико-хімічного складу і властивостей речовин, температурні і теплофізичні вимірювання.



#### Гладишевський Микола Володимирович

Провідний фахівець відділу метрологічного контролю засобів вимірювання фізичних параметрів газу Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». Закінчив Ньюкаслський Університет (Ньюкасл, Великобританія), спеціальність – автоматизація і управління; Національний авіаційний університет, спеціальність – метрологія та інформаційно-вимірювальні технології. Основний напрям діяльності – облік природного газу.

#### Едель Аліна Вікторівна

Провідний фахівець відділу обліку та контролю якості нафти та нафтопродуктів Метрологічного центру Національної акціонерної компанії «Нафтогаз України». Закінчила Національний авіаційний університет, спеціальність – газотурбінні установки і компресорні станції. Основний напрям діяльності – облік природного газу.

