

УДК 620.93

# МЕТОД ТА СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОТИ ЗГОРЯННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ У СПОЖИВАЧІВ КОМУНАЛЬНО- ПОБУТОВОГО СЕКТОРУ

**І. Петришин**, доктор технічних наук, професор, головний науковий співробітник,  
**Т. Присяжнюк**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
**О. Бас**, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник,  
ДП «Івано-Франківськстандартметрологія»

*Розглянуто актуальне питання переходу на облік природного газу в одиницях енергії та визначення теплоти згоряння у споживачів комунально-побутового сектору. Із проведеного аналізу випливає, що найбільш перспективним є застосування калориметричного методу. Запропоновано спосіб експрес-контролю теплоти згоряння із застосуванням установлених у споживача лічильника газу, лічильника води, котла або колонки, який доукомплектовано датчиками температури води. Розроблено методику проведення досліджень у споживача комунально-побутового сектору. Виконано метрологічний аналіз розробленого способу. Проведено практичну апробацію у виді порівняльного аналізу отриманого значення теплоти згоряння природного газу запропонованим способом та із застосуванням лабораторного хроматографа.*

*Considered actual issue of transition to accounting of natural gas in energy units, and determination of the calorific value consumers household sector. From the analysis it follows that the most perspective is the use of colorimetric method (Fig. 2). The proposed method is express control of combustion heat with established consumer gas meter, water meter, boiler, or column, which befeed up the water temperature sensors (Fig. 4). The technique of research in the consumer household sector was developed. Metrological analysis of the developed method was made. Spend the practical testing of a comparative analysis of the specific value of natural gas calorific value and the proposed method with the use of a laboratory chromatograph.*

**Ключові слова:** теплота згоряння природного газу, експрес-контроль, калориметр, похибка  
**Keywords:** natural gas heat of combustion, express control, calorimeter, error

**В** Україні з 01.10.2015 набрав чинності Закон «Про ринок природного газу», в якому разом із визначенням правових засад функціонування ринку природного газу, заснованого на принципах вільної конкуренції, належного захисту прав споживачів та безпеки постачання природного газу, акцентовано увагу на тому, що облік природного газу та відповідно комерційні операції з природним газом повинні здійснюватися в одиницях енергії (кВт·год, Дж або калоріях). Наразі питання взаєморозрахунків у зазначених одиницях поки що не вирішено ні в промисловому, ні в комунально-побутовому секторах споживання. НАК «Нафтогаз» запропонував проект «Плану заходів із запровадження в Україні обліку природного газу в одиницях енергії», а також проект відповідної постанови Уряду щодо затвердження цього документа з перспективою його поступового впровадження з I кварталу 2017 року. Зокрема, в документі анонсовано, що власники вузлів обліку газу отримуватимуть рахунки за спожитий природний газ із приписаним значенням його теплоти згоряння. Розробленим планом передбачено заходи, що дозволять запровадити комерційний облік газу під час його видобування, транспортування, розподілу, постачання та використання в одиницях енергії.



І. Петришин



Т. Присяжнюк



О. Бас

Потрібно відзначити, що в країнах Європейського Союзу вже давно запроваджено вимірювання енергетичної цінності, тобто енергії природного газу. Вітчизняне законодавство у сфері нормативного забезпечення прагне максимально відповідати Директивам ЄС у частині обліку газу в одиницях енергії [1], що сприятиме усуненню невідповідностей та забезпечить максимальну уніфікацію в процесі комерційного транзиту природного газу на територію ЄС. Перші кроки вже здійснено, зокрема, Україна, в рамках виконання Договору про заснування Енергетичного Співтовариства, приєдналася до єдиного простору регулювання торгівлі природним газом та взяла на себе зобов'язання виконувати всі рішення та процедурні акти, прийняті під час застосування Договору із часу набрання ним чинності. У цьому є ряд переваг, зокрема, споживачі будуть гарантовано захищені від постачання неякісного низькокалорійного газу з наявністю надмірної вологи або інших домішок.

Разом із тим НАК «Нафтогаз України» вже фактично здійснював купівлю й оплату газу в одиницях енергії з реверсних поставок газу, згідно з договорами з європейськими постачальниками. Окрім того, відповідно до умов діючих контрактів НАК «Нафтогаз» з ПАТ «Газпром», оплата за природний газ фактично здійснювалася за обсягом його енергії. Розрахунки виконувалися відповідно до об'єму, зведеного до стандартних умов, а ціна щомісяця перераховувалася відносно базової залежно від середньозваженого значення теплоти згорання природного газу, який надходив до газотранспортної системи України за розрахунковий період. При цьому продаж природного газу учасникам газового ринку України продовжує здійснюватися залежно від об'єму в кубічних метрах, зведених до стандартних умов. При цьому потрібно зазначити, що за даними ПАТ «Укртрансгаз» теплота згорання природного газу, що транспортується територією України протягом останніх років, перевищує значення 8 000 ккал/м<sup>3</sup>.

У дійсності за регіонами України в один і той же час теплота згорання природного газу має різні значення, яка може змінюватися залежно від родовища, із якого здійснюється видобуток та газопостачання до споживача, від технологічного режиму його підготовки або від конкретної країни-експортера газу. Згідно з даними ПАТ «Укртрансгаз» протягом останнього року в Україні теплота згорання природного газу змінювалася в межах від 7 940 до 8 696 ккал/м<sup>3</sup>, що становить різницю, більшу за 9 %, причому не встановлено чіткої залежності відносно конкретної області.

Питання вимірювання теплоти згорання, яка використовується як множник у формулі для визначення енергії природного газу, з рекомендаціями щодо розроблення вузлів обліку енергії газу із застосуванням потокових густиномірів газу в промисловому секторі розглянуто в [2]. Наразі розробленням та дослідженням таких густиномірів, доукомплектованих давачем кількості діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) в газі, з функцією обчислення теплоти згорання займається ВКФ «Курс» (м. Дніпро) [3]. Процес переходу промислових споживачів на розрахунки за енергію газу довготривалий і вимагає додаткових заходів, оскільки, окрім доукомплектування вузлів обліку засобами визначення теплоти згорання, необхідно провести модернізацію конфігурації програмного забезпечення коректорів та обчислювачів у частині зміни стандартних умов приведення об'єму газу за температурою з 20 на 0 °С.

Також залишається відкритим питання щодо стандартних умов приведення об'єму газу та отримання значення теплоти згорання газу за проведення розрахунків у комунально-побутовому секторі. Згідно з вимогами ст. 2 Закону України «Про забезпечення комерційного обліку природного газу» постачання природного газу здійснюється за умови його комерційного обліку для населення, що проживає у квартирах та приватних будинках, у яких природний газ використовується: комплексно, у тому числі для опалення, — з 1 січня 2012 року; для підігрівання води та приготування їжі — з 1 січня 2016 року; лише для приготування їжі — з 1 січня 2018 року, — тобто на сьогодні не всі категорії споживачів забезпечені засобами обліку природного газу. Що ж стосується визначення теплоти згорання газу, то для комерційних розрахунків у комунально-побутовій сфері поки що пропозиції у виді нормативно-правових актів відсутні.

*Мета статті* — розроблення методу та способу проведення періодичного експрес-контролю теплоти згорання природного газу в комунально-побутовій сфері та оцінення його метрологічних характеристик.

Теплота згорання природного газу визначається згідно з [4] із застосуванням таких методів: прямого вимірювання (калориметри згорання), непрямого вимірювання (газова хроматографія) та опосередкованого вимірювання (на основі кореляційних залежностей). Наразі найбільшого поширення набув метод непрямого вимірювання із застосуванням хроматографа. Зокрема, акредитовані лабораторії у зазначеній галузі, а це 71 відомча лабораторія ПАТ «Укртрансгаз» та лабораторії регіональних

газових компаній, застосовують виключно цей метод. Згідно з ним проводять аналіз компонентного складу відібраного природного газу і розраховують теплоту згоряння газу  $H$  (МДж/м<sup>3</sup>) за формулою:

$$H = \sum_{i=1}^n H_i \cdot x_i, \quad (1)$$

де  $H_i$  — теплотворна здатність  $i$ -го компонента газу, значення наведено у таблиці [5];

$x_i$  — частка  $i$ -го компонента в природному газі.

Разом з тим проведені дослідження [6] засвідчують, що за визначення таким методом реального значення теплоти згоряння не враховується наявність водяної пари в газі, вплив негорючих компонентів та вміст сірковмісних сполук. Окрім того, за спроби застосування зазначеного методу для проведення вимірювань у комунально-побутовому секторі очевидний ряд проблем, зумовлених висококатісним обладнанням, негативним впливом одоранту на хроматографічні колонки та необхідністю попередньої підготовки відібраної проби газу в частині забезпечення значно вищого надлишкового тиску газу, ніж у будинкових газових мережах, який надходить на вхід хроматографа для проведення коректного аналізу та розрахунку теплоти згоряння. Для вирішення цієї проблеми в ДП «Івано-Франківськстандартметрологія» розроблено універсальний пробовідбірник природного газу [6] на базі типового пробовідбірника — балона з рухомих поршнем. Розроблена конструкція пробовідбірника дає можливість його застосування для будинкових газопровідних мереж із різним значенням надлишкового тиску. Разом з тим принцип дії пробовідбірника передбачає стиснення відібраної проби природного газу з метою підвищення надлишкового тиску. Загальний вид пробовідбірника наведено на рис. 1.

Що стосується методу визначення теплоти згоряння на основі кореляційних залежностей, то необ-

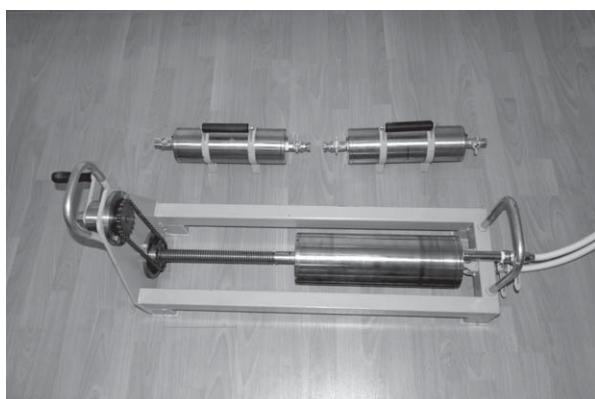


Рис. 1. Загальний вид поршневого пробовідбірника природного газу з двома балонами-пробовідбірниками  
Fig. 1. General view of the natural gas piston sampler with two balloons-samplers

хідно відзначити, що наразі на ринку відсутні комерційні прилади такого призначення. Оскільки принцип роботи приладів опосередкованого вимірювання також передбачає вимірювання одного чи кількох фізико-хімічних параметрів або деяких компонентів складу газу, за їх застосування для побутових споживачів доведеться втручатися в роботу газоспоживаючих приладів, що певною мірою ускладнює проведення вимірювань. Із урахуванням вартості таких розроблень, передумов для стаціонарного встановлення у споживачів лічильників з функцією обчислення енергії природного газу поки що немає.

Із наявних методів найбільш оптимальним для побутових споживачів залишається метод прямого вимірювання із застосуванням газового калориметра, в якому відбувається безпосереднє спалювання порції природного газу. В Україні чинний ДСТУ ISO 15971:2014 [7], в якому описано методи визначення теплоти згоряння природного газу нероздільними методами, тобто методами, які не вимагають визначення компонентного складу газу або розрахунків на основі складу газу, тобто цей стандарт поширюється на різні види калориметрів.

До калориметрів прямого згоряння належать лише ті прилади, в яких теплова енергія, яка виділилася під час спалювання газу, об'єм якого обліковується газовим лічильником, витрачається на квазістаціонарне, тобто рівномірне підвищення температури теплоносія (води або повітря). Теплота згоряння в таких приладах визначається за допомогою термометричних вимірювань. Основною перевагою калориметрів прямого згоряння є те, що вони не мають обмежень на компонентний склад газу. На рис. 2 наведено класичну схему типового калориметра прямого згоряння [8].

Принцип його дії полягає в тому, що природний газ, теплоту згоряння якого необхідно визначити, надходить через лічильник газу зі стабільною

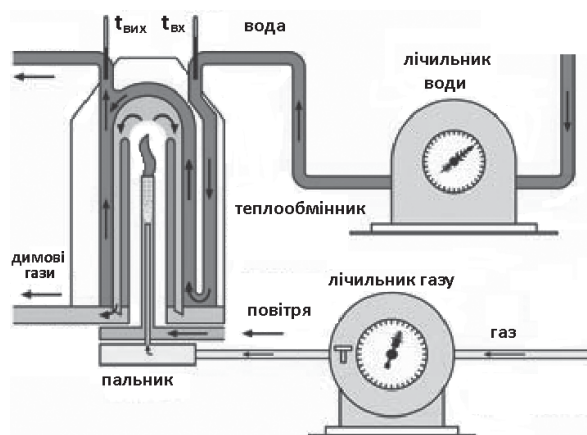


Рис. 2. Схема калориметра прямого згоряння  
Fig. 2. Scheme of the direct combustion calorimeter



Рис. 3. Схематичне зображення процесу горіння з виділенням теплоти згоряння

Fig. 3. Schematic representation of the burning process with heat of combustion

об'ємною витратою до пальника. В останньому здійснюється процес постійного горіння, який забезпечується стабільним значенням температури димових газів. Для підтримання належного процесу горіння необхідне кратне надходження первинного повітря. Загальну схему процесу горіння газу зображено на рис. 3 [9].

Теплова енергія, яку містять у собі продукти згоряння передається теплоносієві (воді), який безперервно протікає через теплообмінник і обліковується лічильником води (рис. 2). Температура води вимірюється на вході ( $t_{вх}$ ) і на виході ( $t_{вих}$ ) з теплообмінника. Теплота згоряння газу в калориметрі прямого згоряння визначається як:

$$H = V_W \cdot c_W \cdot (t_{ВИХ} - t_{ВХ}) / V_G, \quad (2)$$

де  $V_W$  — об'єм води;

$c_W$  — теплоємність води, складає 4,187 кДж/(кг · К);

$t_{вх}, t_{вих}$  — температури води;

$V_G$  — об'єм проби газу, приведений до стандартних умов.

Отже, основними елементами калориметричного методу експрес-контролю теплоти згоряння природного газу є лічильник газу, лічильник води, газовий пальник з теплообмінником та вимірювачі температури. Зазвичай використання природного газу для підігрівання води та/або опалення приміщення передбачає наявність у споживача газового котла або колонки; окрім того, такі споживачі забезпечені лічильниками води та газу. Завдання полягає у максимальному застосуванні стандартизованих наявних рішень та мінімальному втручанні в роботу систем газо- та водопостачання. Відповідно, для комплектування методу та способу в цілому, недостаючими елементами залишаються вимірювачі температури води. Оскільки використання вбудованих у систему водонагрівання котлів терморегуляторів потребує їх індивідуального градування та врахування нелінійної залежності, авторами запропоновано доукомплектувати діючий котел або колонку стандартними вимірювачами температури шляхом монтажу цих вимірювачів у перехідну муфту, трійник або кран, на вхідний водопровід холодної води

та вихідний — гарячої води. Отже за реалізації запропонованого способу застосовуються встановлені у споживача лічильник газу, лічильник води, котел (колонка), доукомплектований давачами температури. Разом із тим, підготовка та процес роботи запропонованого способу експрес-контролю не вимагає втручання у систему газопостачання, що неможливе без представників газозбутової організації. Лічильник газу в цьому випадку застосовується за прямим призначенням — для обліку спожитого газу, який спалюється у пальнику котла або колонки. Застосування водогрійних приладів (котла або колонки), встановлених у споживача, з урахуванням їхньої конструкції та принципу дії, дає перевагу у виді готової моделі калориметра, оскільки процес горіння в котлі та колонці відповідає умовам, аналогічним принципу роботи калориметра прямого згоряння природного газу. Окрім того, під час згоряння газу в газовому калориметрі відбувається врахування вмісту домішок та вологості, яка міститься у газі, тобто умови спалювання газу ідентичні умовам використання природного газу в споживача.

Для забезпечення коректних умов проведення достовірного дослідження запропонованим методом на етапі підготовки необхідно забезпечити кратний повітрообмін у приміщенні, де встановлено газоспоживальне обладнання, для підтримання стабільного процесу горіння та повного згоряння. Окрім того, запропоновано використання переносного реєстратора умов навколишнього середовища (вимірювачів температури та вологості) для контролю зміни стану мікроклімату в приміщенні, в якому проводиться дослідження.

Структурні елементи запропонованого способу експрес-контролю теплотворної здатності природного газу наведено на рис. 4.

Послідовність проведення експрес-контролю теплоти згоряння природного газу в споживача така.



Рис. 4. Структурні елементи схеми способу експрес-контролю теплоти згоряння природного газу в споживача комунально-побутового сектору

Fig. 4. Structural elements scheme the express method of natural gas heat of combustion to domestic household sector consumer

Вхідний та вихідний підвідні водопроводи до котла (колонки) від'єднують і послідовно в них монтують вставні муфти (крани або трійники) з вимірювачами температури води. У разі застосування котла для опалення приміщення, контур опалення на період проведення досліджень переводять у закрите положення. Перед проведенням досліджень вмикають котел (колонку) і переводять його у режим підігрівання води. Котел (колонка) повинен пропрацювати не менше 10 хв для виходу на режим за відсутності теплової інерції та отримання репрезентативних даних. Як уже зазначалося, необхідно забезпечити кратний повітрообмін у приміщенні.

Наступний етап полягає у проведенні підготовчих робіт безпосередньо до початку дослідження. Проводять вимірювання температури води у вхідному та вихідному трубопроводах, фіксують початкові на момент дослідження показання лічильників газу та води. На період проведення досліджень забороняється проводити неконтрольований відбір води або газу, наприклад, спалювання його в газовій плитці. Вмикають котел (колонку) і запускають процес горіння. Для проведення коректного вимірювання необхідна стабільна витрата води через контур теплообмінника котла, в цьому випадку підігріта вода безперервно, для забезпечення стабільної витрати, відбирається з трубопроводу гарячої води відкриттям крану гарячої води. Проводять дослідження з метою визначення теплоти згоряння природного газу, в процесі досліджень проводиться періодичний контроль температури. У разі досягнення температури гарячої води максимально можливого значення для такого режиму роботи котла (колонки) дослідження припиняють. При цьому фіксують кінцеві показання лічильників води і газу та різницю температур вхідної холодної та вихідної гарячої води. На основі отриманих даних визначають значення теплоти згоряння газу згідно із залежністю, описаною формулою (2).

Після визначення теплоти згоряння природного газу необхідно оцінити максимально можливе значення похибки, з якою проведено дослідження. Оцінка похибки визначення теплоти згоряння проводиться з урахуванням похибок складових розробленого методу експрес-контролю, елементами якого є: лічильник газу, лічильник води, вимірювачі температури. Для лічильників газу границі похибки встановлено в ДСТУ EN 1359:2012 [11] і становлять: (+3 %; -6 %) для діапазону об'ємної витрати газу від  $q_{\min}$  (мінімальна витрата) до  $q_t$  (перехідна витрата) і ( $\pm 3$  %) для діапазону об'ємної витрати газу від  $q_t$  до  $q_{\max}$  (максимальна витрата). Дослідження теплоти згоряння природного газу для

підвищення точності необхідно проводити в діапазоні об'ємної витрати від  $q_t$  до  $q_{\max}$ . Для лічильників води вимоги точності наведено в ДСТУ 3580-97 [12] і містяться в таких межах: ( $\pm 5$  %) для діапазону від  $q_{\min}$  до  $q_t$  і ( $\pm 2$  %) для діапазону від  $q_t$  до  $q_{\max}$ . Що стосується вимірювачів температури (для прикладу W1209), то в технічному описанні на них вказано, що максимальне значення похибки складає 0,1 °C в діапазоні від 0 до 100 °C. Отже, максимально можливе значення похибки розробленої системи дорівнюватиме:

$$\delta = \sqrt{(3)^2 + (2)^2 + (0,1)^2} = \pm 3,6 \%$$

У цьому випадку потрібно відзначити, що в ГОСТ 5542-87 [13] зазначено технічні вимоги до фізико-хімічних та інших показників природного газу, що подається для споживання в комунально-побутовий сектор. Зокрема, нижча теплота згоряння природного газу становить не менше від 7 600 ккал/м<sup>3</sup> (31,8 МДж/м<sup>3</sup>); діапазон значень числа Воббе складає від 9 850 до 13 000 ккал/м<sup>3</sup> (від 41,2 до 54,5 МДж/м<sup>3</sup>); допустиме відхилення числа Воббе від номінального значення не більше за  $\pm 5$  %.

Складовою частиною похибки числа Воббе, яке характеризує режим горіння пальників газового обладнання та їх теплову потужність, є похибки визначення теплоти згоряння природного газу та його густини. Значення густини газу на момент проведення досліджень можна отримати в газозбутовій організації. Отже, запропонований метод та спосіб експрес-контролю теплоти згоряння в комунально-побутовому секторі з розрахованою точністю  $\pm 3,6$  %, задовольняє вимогам [13] у частині нормування значень числа Воббе. Для підвищення точності методу необхідно проводити індивідуальне калібрування з визначенням метрологічних характеристик лічильників газу та води в конкретних значеннях вимірюваних величин із внесенням поправок.

У рамках апробації проведено практичне дослідження цього методу. В ДП «Івано-Франківська стандартметрологія» надходять скарги від споживачів щодо низької якості природного газу, який їм постачається. Найчастіше звертають увагу на колір природного газу в процесі його спалювання та час нагрівання води. Необхідно відзначити, що умови спалювання газу в споживача, тобто умови використання теплоти газу, відношення до теплотвірної здатності цього ж газу не мають. Отже, якщо до споживача надходить якісний газ з високим значенням теплотвірної здатності, а споживач, у свою чергу, некоректно його спалює, тобто з недостатньою кількістю кисню в приміщенні або подавання

газу здійснюється через забруднені пальники, відповідно він не зможе використати усю енергію, яку містить у собі газ. Очевидно, що справедливе і зворотне твердження: якщо до споживача надходить газ із низьким значенням теплоти згорання, то, незважаючи на ідеальні умови його спалювання, теплоти він віддасть менше.

Отже, для отримання репрезентативних даних вирішено провести порівняльний аналіз отриманого значення теплоти згорання із застосуванням лабораторного хроматографа та запропонованим способом. Для цього проведено відбір представницької проби газу із будинкового газопроводу за допомогою поршневого пробовідбірника (рис. 1). Згідно з методикою проведення відбору проби проводився контроль надлишкового тиску в трубопроводі, який склав допустиме значення 1,8 кПа. Відібрана проба доставлена в лабораторію для проведення аналізу. Наступним етапом стало безпосереднє спалювання газу в споживача у котлі *Ariston Clas PREMIUM EVO 24 FF* із зазначеною максимальною тепловою потужністю  $N = 24$  кВт. Дослідження проводилися протягом 60 хв. За результатами експерименту отримано такі вихідні дані:

- об'єм спожитого газу за показаннями лічильника *Gallus 2000 G 2,5* склав  $2,576 \text{ м}^3$ ;
- об'єм води згідно з показаннями лічильника *LK-15X* склав  $0,531 \text{ м}^3$ ;
- різниця температур води на вході й виході котла за показаннями вимірювача *W1209* склала  $38,8 \text{ }^\circ\text{C}$  за вхідної температури холодної води  $16,9 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура в приміщенні, де проводилися вимірювання, змінювалася від  $22,1$  до  $22,4 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Розраховане згідно з формулою (2) значення теплоти згорання газу становить  $8003 \text{ ккал/м}^3$  ( $33,487 \text{ МДж/м}^3$ ;  $9,299 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$ ). Отримане значення теплоти згорання хроматографічним методом склало  $8214 \text{ ккал/м}^3$  ( $34,369 \text{ МДж/м}^3$ ;  $9,544 \text{ кВт}\cdot\text{год/м}^3$ ). Відносне відхилення стосовно значення теплоти згорання, отримане у процесі аналізу хроматографом, складає  $2,6 \%$ . Отже, з високою ймовірністю можна стверджувати, що природний газ відповідає за показниками теплоти згорання нормованим значенням згідно з вимогами [13].

Разом з тим, як зазначалося, для кожного газоспоживаючого приладу в технічній документації

на нього вказується номінальне значення теплової потужності  $N$ , яка, у свою чергу, визначається згідно з [14]:

$$N = q \cdot H / 3600, \quad (3)$$

де  $q$  — об'ємна витрата газу, що споживається,  $\text{м}^3/\text{год}$ , яка визначається як

$$q = V_G / \tau, \quad (4)$$

де  $\tau$  — час, протягом якого проводять дослідження.

Відповідно, з урахуванням отриманого значення теплоти згорання та формул (3), (4), проведено розрахунок теплової потужності котла *Ariston Clas PREMIUM EVO 24 FF*, яка склала  $23,956 \text{ кВт}$ , що підтверджує встановлене в технічному описанні значення.

### ВИСНОВОК

Із урахуванням вимог чинного законодавства щодо запровадження обліку природного газу в одиницях енергії, запропоновано метод та спосіб експрес-контролю теплоти згорання, природного газу в споживачів комунально-побутового сектору, укомплектований із елементів, встановлених у споживача: лічильника газу, лічильника води та котла (колонки) з додатково вмонтованими вимірювачами температури води. Для запропонованого способу розроблено методику проведення досліджень та проведено метрологічний аналіз. На розроблений спосіб подано заявку на патент. Також проведено практичну апробацію запропонованого методу, відхилення відносно хроматографічного аналізу склало —  $2,6 \%$ . Отже, перехід обліку газу на новий, тобто за якісними показниками, рівень має на меті реалізувати доступ споживача до можливості проводити менеджмент, тобто управління своїми енергетичними ресурсами, що в сучасному аспекті безперечно передбачає енергозаощадження цих ресурсів, у тому числі й природного газу. Споживач, навіть і недосвідчений в питаннях енергоефективності, природно оцінюватиме заходи, які йому потрібно вжити, щоби заощадити свій капітал, що прямо пропорційно залежатиме від коригування ним кількості спожитої енергії природного газу. І таке поступове енергозаощадження, яке свідомо почнеться від споживача, тобто від найнижчої кінцевої ланки споживання енергоресурсів, з наростаючим темпом підніматиметься за східцями газових господарств, підприємств, організацій і призведе до енергоефективного суспільства і держави в цілому.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ / REFERENCES

1. Регламент (ЄС) № 715/2009 Європейського Парламенту та Ради від 13 липня 2009 року про умови доступу до мереж транспортування природного

газу та яким скасовується Регламент (ЄС) (Regulation (EC) no 715/2009 of the European parliament and of the Council of 13 July 2009 on conditions for access

- to the natural gas transmission networks and repealing Regulation (EC) № 1775/2005. — 29 с/р.
2. Петришин І.С. Аналіз і оцінка метрологічних характеристик вимірювальної системи енергетичної цінності природного газу / І.С. Петришин, Т.І. Присяжнюк, Н.І. Петришин, О.А. Бас, В.М. Данів // Метрологія та прилади (Petryshyn I.S. Analysis and evaluation metrological characteristics natural gas energy value measurement system / I.S. Petryshyn, T.I. Prisyazhnyuk, N.I. Petryshyn, O.A. Bas, V.M. Daniv // Metrology and instruments). — 2015. — № 4 (54). — С/Р. 21 — 27
  3. Бородин В.И. Поточковий плотномер природного газу акустический «Курс-02» с функцией вычисления теплоты сгорания / В.И. Бородин, В.М. Кравцов, А.И. Кузнецов, С.Г. Нетесин // 14-тий Міжнародний форум «Паливно-енергетичний комплекс України: сьогодні та майбутнє» круглий стіл «Запровадження в Україні обліку обсягів природного газу в одиницях енергії» 09.11.2016. — Київ. (Borodin V.I. The natural gas densitometer acoustic «Course 02» with the function of calculating the calorific value / V.I. Borodin, V.M. Kravtsov, A.I. Kuznetsov, S.G. Netesin // 14-th International Forum Fuel and Energy Complex of Ukraine: Present and Future round table introduction in Ukraine accounting of natural gas in terms of energy 09.11.2016. — Kyiv.).
  4. Природний газ. Визначення енергії (ISO 15112:2007, IDT): ДСТУ ISO 15112:2009. — [Чинний від 2011-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Natural gas. Energy determination. (ISO 15112:2007, IDT): DSTU ISO 15112:2009. — [Effective as of 2011-01-01]. - К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 2010. — 54 с/р.
  5. Газ природный. Методы расчета физических свойств. Определение физических свойств природного газа, его компонентов и продуктов его переработки: ГОСТ 30319.1-96. — [Введен с 1997-07-01]. — М.: Издво стандартов (Natural gas. Methods of calculation of physical properties. Definition of physical properties of natural gas, its components and processing products: GOST 30319.1-96. — [Effective as of 1997-07-01]. — М.: Standart Publishing House), 1997. — 16 с/р.
  6. Петришин І.С. Дослідження енергетичної цінності природного газу в споживачів комунально-побутового сектору / І.С. Петришин, Т.І. Присяжнюк, О.А. Бас // Метрологія та прилади (Petryshyn I.S. Research the natural gas energy value to domestic household sector consumers / I.S. Petryshyn, T.I. Prisyazhnyuk, O.A. Bas // Metrology and instruments). — 2015. — № 6 (56). — С/Р. 42 — 49.
  7. Природний газ. Вимірювання властивостей. Теплота згоряння та число Воббе (ISO 15971:2008, IDT): ДСТУ ISO 15971:2014. — [Чинний від 2015-05-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Natural gas. Measurement of properties. Calorific value and Wobbe index (ISO 15971:2008, IDT): DSTU ISO 15971:2014. — [Effective as of 2015-05-01]. - К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 2014. — 50 с/р.
  8. PTB – Mitteilungen. Special Issue. Metering Energy and Fluid Flows // Volume 119 (2009) No 1. Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig — 50 p.
  9. Природний газ. Обчислення теплоти згоряння, густини, відносної густини і числа Воббе на основі компонентного складу (ISO 6976:1995/Cor.2:1997, Cor.3:1999, IDT): ДСТУ ISO 6976:2009. — [Чинний від 2011-01-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Natural gas. Calculation of calorific values, density, relative density and Wobbe index from composition. (ISO 6976:1995/Cor.2:1997, Cor.3:1999, IDT): DSTU ISO 6976:2009. — [Effective as of 2011-01-01]. — К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 2010. — 55 с/р.
  10. Poinot T., Veynante D. Theoretical and Numerical Combustion. Second Edition. — Erdwards, 2005. — 540 p.
  11. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови (EN 1359:1998, A1:2006, IDT): ДСТУ EN 1359:2012. — [Чинний від 2013-05-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Diaphragm gas meters. General specifications EN 1359:1998, A1:2006, IDT):. DSTU EN 1359:2012. — [Effective as of 2013-05-01]. — К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 2013. — 54 с/р.
  12. Лічильники холодної та гарячої води крильчасті. Загальні технічні вимоги.: ДСТУ 3580-97. — [Чинний від 1998-07-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Tangential flow turbine meters for cold and hot water. General technical requirements: DSTU 3580-97. — [Effective as of 1998-07-01]. — К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 1998. — 29 с/р.
  13. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия: ГОСТ 5542-87. — [Чинний від 1988-01-01]. — М.: ИПК, Издательство стандартов (Natural gases for commercial and domestic use. Specifications: GOST 5542-87. — [Effective as of 1988-01-01]. — М.: ИПК, Standart Publishing House), 1987 — 6 с/р.
  14. Плити газові побутові. Загальні технічні умови: ДСТУ 2204-93. — [Чинний від 1995-05-01]. — К.: Держспоживстандарт України (Domestic gas ranges. General specifications: DSTU 2204-93. — [Effective as of 1995-05-01]. — К.: Derzhspozhyvstandart Ukraine), 1993. — 23 с/р. ■

Отримано / received: 09.02.2017.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н. Г.Ю. Народницьким (Україна).  
D. Sc. (Techn.) G.Yu. Narodnytsky, Ukraine, recommended this article to be published.