



МОДЕЛЬ ЛІЧИЛЬНИКА ОБ'ЄМУ ТА ЕНЕРГІЇ ГАЗУ

Шульга В. А.

Аспірант

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

76019, вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, Україна

<https://orcid.org/0009-0009-6420-4444>

e-mail: vitaliy.shulga@ifgas.com.ua

Анотація. Об'єктом дослідження в роботі є методи вимірювання об'єму та енергії природного газу. Метою роботи є розробка удосконаленого методу та моделі лічильника для вимірювання об'єму та енергії природного газу з використанням інфокомунікаційних технологій. Наведено огляд ряду існуючих засобів вимірювань об'єму природного газу та розроблених засобів та пристроїв для вимірювання енергії газу. Виявлено, що лічильники, які використовуються для комерційного обліку природного газу, вимірюють лише об'єм газу, а відповідне значення енергії газу визначається розрахунковим методом, що, з метрологічної точки зору, не є вимірюванням енергії. Розроблені та описані в науковій літературі нові моделі лічильників енергії природного газу мають можливість вимірювання тим чи іншим методом енергії природного газу та відображення значення виміряної енергії газу на їх відлікових пристроях, але у цих засобах вимірювань відсутні пристрої для передавання даних про виміряні значення енергії газу до газопостачальних організацій. Розроблено модель лічильника об'єму та енергії природного газу, який зможе реалізувати облік природного газу в одиницях об'єму та одиницях енергії газу з подальшим передаванням даних про обліковані обсяги газу до газопостачальних організацій. Використання запропонованого лічильника енергії газу забезпечить здійснення комерційного обліку енергії газу з усіма необхідними атрибутами такого обліку: вимірювання енергії природного газу, відображення вимірних значень на відліковому пристрої лічильника та автоматичне передавання показів про спожиту енергію до газопостачальних організацій. Проведено порівняльний аналіз розробленого в даній статті лічильника об'єму та енергії газу з лічильниками, що зараз використовуються для комерційного обліку природного газу та з розробленими конструкціями лічильників газу. Проведений аналіз засвідчив переваги розробленого лічильника у порівнянні з існуючими аналогами.

Ключові слова: енергія, природний газ, лічильник енергії, газопостачальна організація, комерційний облік.

Вступ

Останні 10 років актуальним питанням функціонування енергоринку України є реалізація обліку природного газу в одиницях енергії. Саме стільки часу вже діють нормативно-правові документи [1, 2], які регламентують перехід від обліку газу в кубометрах до обліку в одиницях енергії. Однак, це досі повноцінно не реалізовано в промисловості та майже не реалізовано в комунально-побутовій сфері. Наразі

здебільшого застосовуються розрахункові методи, які забезпечують перерахунок обсягів природного газу в метрах кубічних в енергетичні одиниці.

Ще одним аспектом складності переходу на енергетичний облік природного газу є матеріальна база. У побутовій сфері лише невелика частка лічильників газу має засоби для приведення вимірних в метрах кубічних об'ємів газу до стандартних умов з врахуванням його температури. Краща

Запропоноване посилання: Шульга, В. (2025). Модель лічильника об'єму та енергії газу. *Методи та прилади контролю якості*, 2(55), 82-89. doi: 10.31471/1993-9981-2025-2(55)-82-89

* Відповідальний автор



Copyright © The Author(s). This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

ситуація – в промисловому секторі, де повноцінно в парі з лічильниками застосовуються коректори та обчислювачі об'єму газу, які забезпечують приведення об'єму природного газу до стандартних умов за температурою, тиском та компонентним складом природного газу.

Для визначення енергії природного газу необхідним є вимірювання ще однієї фізичної величини: теплоти згоряння. Засоби вимірювання цієї величини є дорогавартісними, тому їх встановлення в парі з лічильником є економічно не вигідним не тільки в побуті, але і в промисловості.

Мета роботи – розробити удосконалений метод та модель лічильника для вимірювання об'єму та енергії природного газу з використанням інфокомунікаційних технологій.

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень та публікацій

Детальний аналіз нормативно-правових аспектів вимірювання енергії природного газу наведений в роботі [3]. Зокрема, проаналізовано вимоги українських та європейських правових та нормативних документів та проведено їх порівняльний аналіз. Ці документи встановлюють необхідність обліку природного газу в метрах кубічних з подальшим їх переведенням у енергетичні одиниці. Такий підхід до обліку природного газу суперечить вимогам іншого нормативно-правового документу [4], який стверджує, що «Зчитувані з показувального пристрою дані є результатом вимірювання, який служить основою для встановлення оплати».

Технічні аспекти реалізації приладового обліку енергії природного газу наведені в роботі [5], авторами якої запропоновано використовувати пристрої перетворення енергії газу. Фактично це непрямий метод вимірювання енергії природного газу на основі прямих вимірювань об'ємів газу, температури повітря навколо лічильника газу та теплоти згоряння газу.

$$E = \frac{VH_s T_b (1,0321 - 1,13812 \cdot 10^{-4} h)}{T_{\text{nc}}},$$

де E – енергія природного газу, V – вимірний лічильником об'єм природного газу, H_s – теплота згоряння природного газу, T_b – температура природного газу за стандартних умов, що дорівнює 273,15 К або 288,15 К (залежно від індивідуальних характеристик та місця встановлення лічильника газу надворі чи в приміщенні), h – географічна висота точки вимірювання (населеного пункту, де встановлений лічильник газу) над рівнем моря, T_{nc} – температура повітря навколо лічильника.

Методологія вимірювання об'єму природного газу з врахуванням температурних параметрів повітря в приміщенні біля газопроводу та лічильника газу і повітря навколишнього середовища наведена в роботі [6].

В роботі [5] розроблено методологію вимірювання енергії газу з врахуванням методології вимірювання об'єму газу [6], проведений метрологічний аналіз похибок, але не запропоноване технічне рішення для розроблення пристрою перетворення енергії природного газу. Відкритим залишається питання щодо вимірювання теплоти згоряння газу.

Автори роботи [7] запропонували лічильник об'єму газу відкалібрувати як лічильник енергії. Калібрування засновано на тому, що покази датчика, залежні від витрати градуовального газу або калібрувального газу, знімають і зберігають в газовому лічильнику у вигляді градуовальної або калібрувальної кривої датчика. Калібрувальну криву або значення сигналу датчика множать на коефіцієнт перетворення сигналу і коефіцієнт теплотворення для базової газової суміші так, щоб отриманий добуток виражав споживання газу у вихідних одиницях, а після інтеграції – в одиницях енергії. За допомогою додаткових поправочних коефіцієнтів можна врахувати фактичне теплотворення газової суміші, що подається, в одиницях енергії, щонайменше приблизно. Виміряне теплотворення, усереднене за певний тимчасовий проміжок, можна використовувати як фактичне теплотворення.

Інший запропонований метод [8] полягає в тому, що у нерухомому газі вимірюють теплопровідність при постійному нагріванні і при імпульсному нагріванні, вимірюють теплоємність, ідентифікують газ і, на основі значення питомої теплоємності спільно з вимірюванням масової витрати, визначають повну теплотворну здатність газу. Відносно висока складність цього методу є недоліком при визначенні споживаної енергії на основі різних значень масової витрати і питомої теплоємності. Крім того, для достатньо точного визначення енергії, що подається, значення питомої теплоємності необхідно вимірювати безперервно і з великою точністю.

В роботі [9] розроблений побутовий лічильник об'єму та енергії газу. Вимірювання енергії газу цим лічильником відбувається наступним чином: природний газ із газопроводу поступає під корпус лічильника об'єму та енергії газу через вхідний отвір, здійснює обертання пристроїв вимірювального механізму, після чого через вихідний отвір поступає у газопровід. Інформація про кількість обертів роторів з датчика обертів надходить у пристрій перетворення, який перетворює кількість обертів вимірювального механізму у пропорційне значення об'єму газу, яке, в свою чергу, перетворюється пристроєм перетворення у значення об'єму газу за стандартних умов на основі інформації про температуру газу, отриманої з датчика температури. Інформація про виміряний об'єм газу та приведений цей об'єм до стандартних умов відображається на електронному відліковому пристрої. Електронний приймач отримує від зовнішніх передавачів газопостачальних організацій інформацію про теплотворність газу через телекомунікаційну мережу. Дані про теплотворність газу з високою точністю визначаються хроматографічним способом на газорозподільних станціях і передаються телекомунікаційним способом на електронний приймач лічильника об'єму та енергії газу, після чого ці дані з електронного приймача

надходять на електронний обчислювач енергії газу, в якому, за стандартизованою методикою, на основі значення об'єму газу, приведеного до стандартних умов, перетворюються у значення енергії газу, яке, в свою чергу, відображається на відліковому пристрої. Експлуатація цього лічильника вимагає періодичного зняття показів облікованих об'ємів та енергії газу інспекторами газових служб і надання їх газопостачальним організаціям.

Висвітлення невирішених раніше частин загальної проблеми

В результаті аналізу виявлено наступні недоліки:

- існуючі лічильники газу вимірюють об'єми газу в метрах кубічних, тож визначити обліковані енергії природного газу можна тільки розрахунковим методом, що, з метрологічної точки зору, не є вимірюванням енергії газу;

- однією із складових для визначення енергії природного газу є фізична величина: теплота згоряння газу, яку визначають поточними хроматографами, але засоби передавання цієї вимірювальної інформації до лічильників газу відсутні;

- запропонований метод калібрування лічильника об'єму газу в одиницях енергії газу не є точним, оскільки використовуються усереднені за певний період часу значення, визначені за допомогою калібрувального газу, компонентний склад якого не відповідає складу реального газу;

- інший запропонований метод, що полягає у вимірюванні теплотворної здатності природного газу шляхом нагрівання газу, забезпечить достатню точність визначення цієї фізичної величини лише у випадку використання дорогих точних засобів вимірювань, що економічно неефективно;

- запропонована модель лічильника енергії природного газу є хорошим рішенням для приладового обліку енергії газу, але потребує додаткового зчитування показів про обліковані значення енергії та використання людського фактору для передачі і узагальнення цих даних.

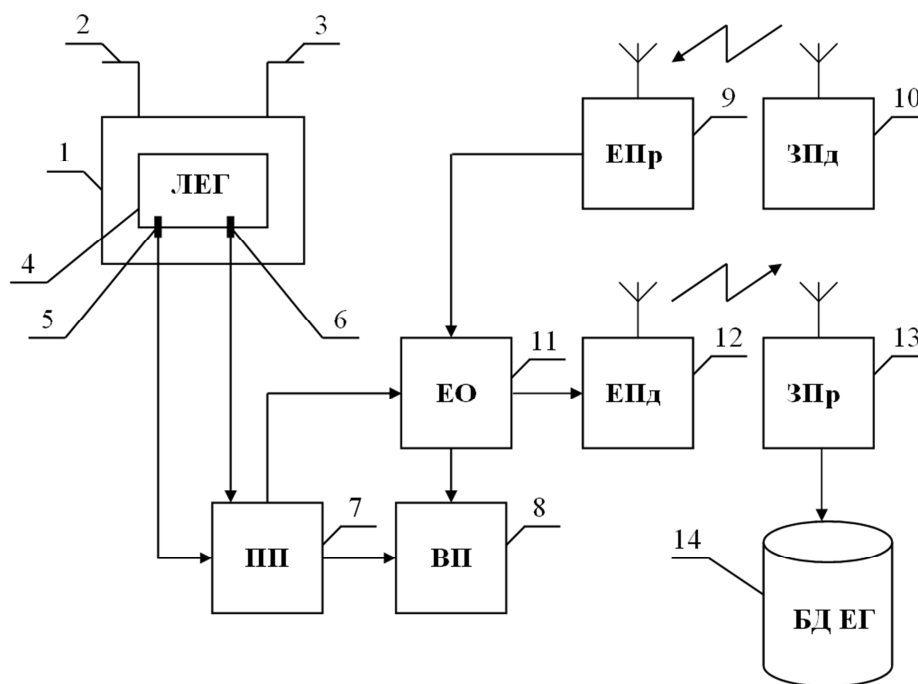


Рисунок 1 – Структурна модель лічильника об'єму та енергії газу

Формулювання цілей статті

Найоптимальнішим варіантом вирішення проблеми обліку газу є розроблення лічильника газу, який відображав би на своєму відліковому пристрої виміряні обсяги природного газу як в метрах кубічних, так і в одиницях енергії, а також автоматизованого передавання миттєвих значень виміряної енергії природного газу до газопостачальних організацій, що дозволить забезпечити ведення єдиної бази даних спожитої енергії газу.

Теоретична база роботи

У розробленому лічильнику об'єму та енергії газу [9], що містить корпус з входним та вихідним отворами, вимірювальний механізм, датчики обертів та температури, пристрій перетворення, електронний відліковий пристрій, електронний приймач. Вхідний контур приймача під'єднано через телекомунікаційну мережу до зовнішніх передавачів газопостачальних організацій, а вихід до входу електронного обчислювача енергії газу, вихід якого, в свою чергу, під'єднано до електронного відлікового пристрою, пропонується додатково встановлений електронний

передавач. Вхідний контур цього передавача під'єднано до виходу електронного обчислювача енергії газу, вихід якого, в свою чергу, під'єднано до зовнішніх приймачів газопостачальних організацій, а звітти – до єдиної бази даних спожитої енергії газу.

На рис. 1 зображена модель лічильника енергії газу, який містить: корпус 1; вхідний отвір 2; вихідний отвір 3; вимірювальний механізм 4; датчик температури 5; датчик обертів 6; пристрій перетворення 7; електронний відліковий пристрій 8; електронний приймач 9; зовнішні передавачі газопостачальних організацій 10; електронний обчислювач енергії газу 11; електронний передавач 12; зовнішні приймачі газопостачальних організацій 13; єдину базу даних спожитих об'ємів та енергії газу 14.

Лічильник енергії газу працює наступним чином.

Природний газ із газопроводу надходить під корпус 1 лічильника енергії газу через вхідний отвір 2, здійснює обертання пристроїв вимірювального механізму 4 і після цього через вихідний отвір 3 поступає у газопровід. Інформація про кількість обертів з датчика 6 надходить у

пристрій перетворення 7, який перетворює кількість обертів роторів у пропорційне значення об'єму газу, яке, в свою чергу, перетворюється пристроєм 7 у значення об'єму газу за стандартних умов на основі інформації про температуру газу, отриманої з датчика 5. Електронний приймач 9 отримує від зовнішніх передавачів газопостачальних організацій 10 інформацію про теплотворність газу через телекомунікаційну мережу. Дані про теплотворність газу з високою точністю визначаються хроматографічним способом на газорозподільних станціях і передаються телекомунікаційним способом на електронний приймач 9 лічильника газу, після чого ці дані з електронного приймача 9 надходять на електронний обчислювач енергії газу 11, в якому, за формулою (1), на основі значення об'єму газу, приведенного до стандартних умов, перетворюються у значення енергії газу, яке, в свою чергу, відображається на відліковому пристрої 8. Одночасно дані про значення об'єму та енергії природного газу з електронного обчислювача енергії газу 11 надходять на вхід електронного передавача 12 і передаються телекомунікаційним способом на зовнішні приймачі газопостачальних організацій 13, під'єднані до єдиної бази даних спожитих об'ємів та енергії газу 14.

Використання пропонованого лічильника енергії газу забезпечить здійснення комерційного обліку енергії газу з усіма необхідними атрибутами такого обліку: вимірювання енергії природного газу, відображення вимірних значень на відліковому пристрої лічильника та автоматичне передавання показів про спожиту енергію до газопостачальних організацій.

Переваги розробленого лічильника енергії газу над існуючими аналогами, розглянутими в даній статті, наведено в табл. 1.

Як видно із табл. 1 лічильники газу, які зараз застосовуються для комерційного обліку природного газу, забезпечують вимірювання об'єму природного газу, відображають значення облікованих

об'ємів на їх відлікових пристроях. Промислові лічильники газу здійснюють приведення облікованих об'ємів до стандартних умов за такими параметрами, як температура, тиск та компонентний склад газу, завдяки встановлених у парі з ними коректорів або обчислювачів. Невелика частка побутових лічильників газу здійснює приведення об'ємів газу лише за температурою завдяки наявності в їх складі механічних компенсаторів, або електронних пристроїв. Промислові лічильники газу мають пристрої для автоматичного передавання даних про обліковані об'єми газу до газопостачальних організацій.

Розроблені лічильники газу, описані в [7-9], мають можливість вимірювання тим чи іншим методом енергії природного газу та відображення значення вимірної енергії газу на їх відлікових пристроях. Але у цих засобах вимірювань відсутні пристрої для передавання даних про виміряні значення енергії газу до газопостачальних організацій.

Запропонований в цій статті лічильник об'єму та енергії газу має можливість облікувати об'єми та енергію природного газу, відображати значення облікованих об'ємів та енергії газу на його відліковому пристрої та передавати дані про виміряні значення об'ємів та енергії природного газу до газопостачальних організацій.

Висновки

1. Проаналізовано існуючі українські та зарубіжні дослідження щодо засобів та пристроїв вимірювання енергії природного газу. Виявлено, що існуючі засоби комерційного обліку газу не здійснюють вимірювання енергії газу, а лише об'єму газу з подальшим використанням розрахункового методу для обчислення енергії природного газу.

2. Створено модель лічильника об'єму та енергії природного газу, який зможе реалізувати облік природного газу в одиницях об'єму та одиницях енергії газу з подальшим передаванням даних про обліковані обсяги газу до газопостачальних організацій.

Таблиця 1 – Порівняльні характеристики лічильників об'єму та/або енергії газу

Наявна характеристика	Лічильник об'єму та/або енергії газу					
	Промисловий лічильник об'єму газу	Побутовий лічильник об'єму газу	Розроблений лічильник об'єму газу відкалібрований як лічильник енергії [7]	Розроблений лічильник масової витрати газу з вимірювачем теплопровідності [8]	Розроблений побутовий лічильник об'єму та енергії газу [9]	Рекомендований в даній статті лічильник об'єму та енергії газу
1. Вимірювання об'єму газу	+	+	+	-	+	+
2. Відображення виміряного об'єму газу на відліковому пристрої	+	+	-	-	+	+
3. Приведення виміряного об'єму газу до стандартних умов	+	+/-	-	-	+	+
4. Вимірювання масової витрати газу	-	-	-	+	-	-
5. Вимірювання енергії газу	-	-	+	+	+	+
6. Відображення виміряної енергії газу на відліковому пристрої	-	-	+	+	+	+
7. Автоматичне передавання даних про виміряні об'єми до газопостачальних організацій	+	-	-	-	-	+
8. Автоматичне передавання даних про виміряні енергії до газопостачальних організацій	-	-	-	-	-	+

3. Проведено порівняльний аналіз розробленого в даній статті лічильника об'єму та енергії газу з лічильниками, що зараз використовуються для комерційного обліку природного газу та з розробленими конструкціями лічильників газу, описаних в роботах [7-9]. Проведений аналіз засвідчив переваги розробленого лічильника порівняно з існуючими аналогами.

Подяки
Відсутні.

Конфлікт інтересів
Відсутній.

Список використаних джерел

1. Про ринок природного газу : Закон України від 9.04.2015 р. № 329-VIII. Відомості Верховної Ради України. 2015. № 27. Ст. 234.
2. Правила постачання природного газу : Постанова Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг від 30.09.2015 р. № 2496. Офіційний вісник України. 2015. № 92. С. 3161.
3. Кузь М. В., Заміховський Л. М., Шульга В. А., Кузь Г. М. Якість природного газу: монографія. Академія технічних наук України. Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г. М. 2023. Т. 1. 124 с. doi: [10.63048/978-617-7926-44-2](https://doi.org/10.63048/978-617-7926-44-2).
4. Технічний регламент засобів вимірювальної техніки : Постанова Кабінету Міністрів України від 24.02.2016 р. № 163. Офіційний вісник України. 2016. № 21. С. 89.
5. M. Kuz, L. Zamikhovskiy, V. Shulha. Technical aspects of natural gas energy metering implementation. *Ukrainian Metrological Journal*. 2021. №1. P. 21-25. doi: [10.24027/2306-7039.1.2021.228205](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2021.228205).
6. M. Kuz, L. Zamikhovskiy, V. Skliarov, H. Kuz. Methodology and software for measuring the specific differences of the calculated volumes of natural gas. *Ukrainian Metrological Journal*. 2020. №1. P. 62-67. doi: [10.24027/2306-7039.1.2020.204232](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204232).
7. Pat. WO 01/96819 A1 G01F 1/74, 25/00, 15/04. Gas meter / MATTER Daniel, PRETRE Philippe, KLEINER Thomas, WENK Alexander. priority 14.06.2000; Publ. 20.12.2001, Bull. № 20. – 23 p.
8. Pat. WO 01/18500 A1 G01F 1/684, G01N 27/18. Method and device for precision mass flow measurement / MAYER Felix, LECHNER Moritz. priority 09.09.1999; Publ. 15.03.2001, Bull. № 15. 17 p.
9. Пат. 142402 U, МПК (2020.01) G01N 33/22, G01F 1/00, G01F 5/00. Побутовий лічильник об'єму та енергії газу / Кузь М.В., Руденко А.М. заяв. 01.08.2019; опубл. 10.06.2020, Бюл. № 11. 4 с.

References

1. Pro rynek przyrodnoho hazu : Zakon Ukrainy vid 9.04.2015 r. № 329-VIII. Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. 2015. № 27. St. 234. [in Ukrainian]
2. Pravyla postachannia przyrodnoho hazu : Postanova Natsionalnoi komisii, shcho zdiisniue derzhavne rehuliuivannia u sferakh enerhetyky ta komunalnykh posluh vid 30.09.2015 r. № 2496. Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2015. № 92. P. 3161. [in Ukrainian]
3. Kuz M. V., Zamikhovskiy L. M., Shulha V. A., Kuz H. M. Yakist przyrodnoho hazu: monohrafiia. Akademiia tekhnichnykh nauk Ukrainy. Ivano-Frankivsk: Vydavets Kushnir H. M. 2023. T. 1. 124 p. doi: [10.63048/978-617-7926-44-2](https://doi.org/10.63048/978-617-7926-44-2). [in Ukrainian]
4. Tekhnichniy rehlement zasobiv vymiriuvalnoi tekhniki : Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 24.02.2016 r. № 163. Ofitsiyni visnyk Ukrainy. 2016. № 21. P. 89. [in Ukrainian]
5. M. Kuz, L. Zamikhovskiy, V. Shulha. Technical aspects of natural gas energy metering implementation. *Ukrainian Metrological Journal*. 2021. №1. P. 21-25. doi: [10.24027/2306-7039.1.2021.228205](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2021.228205).
6. M. Kuz, L. Zamikhovskiy, V. Skliarov, H. Kuz. Methodology and software for measuring the specific differences of the calculated volumes of natural gas. *Ukrainian Metrological Journal*. 2020. №1. P. 62-67. doi: [10.24027/2306-7039.1.2020.204232](https://doi.org/10.24027/2306-7039.1.2020.204232).
7. Pat. WO 01/96819 A1 G01F 1/74, 25/00, 15/04. Gas meter / MATTER Daniel, PRETRE Philippe, KLEINER Thomas, WENK Alexander. priority 14.06.2000; Publ. 20.12.2001, Bull. № 20. – 23 p.
8. Pat. WO 01/18500 A1 G01F 1/684, G01N 27/18. Method and device for precision mass flow measurement / MAYER Felix, LECHNER Moritz. priority 09.09.1999; Publ. 15.03.2001, Bull. № 15. 17 p.
9. Pat. 142402 U, МПК (2020.01) G01N 33/22, G01F 1/00, G01F 5/00. Pobutovyi lichylnyk obiemu ta enerhii hazu / Kuz M.V., Rudenko A.M. zaiav. 01.08.2019; opubl. 10.06.2020, Biul. № 11. 4 p. [in Ukrainian]

GAS VOLUME AND ENERGY METER MODEL

Shulha V. A.

Postgraduate

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

76019, 15 Karpatska St., Ivano-Frankivsk, Ukraine

<https://orcid.org/0009-0009-6420-4444>

e-mail: vitaliy.shulga@ifgas.com.ua

Abstract. The object of the study in the work is the methods of measuring the volume and energy of natural gas. The aim of the work is to develop an improved method and model of a meter for measuring the volume and energy of natural gas using infocommunication technologies. An overview of a number of existing means of measuring the volume of natural gas and developed means and devices for measuring gas energy is given. It was found that meters used for commercial metering of natural gas measure only the volume of gas, and the corresponding value of gas energy is determined by a calculation method, which from a metrological point of view is not an energy measurement. New models of natural gas energy meters developed and described in the scientific literature have the ability to measure natural gas energy by one method or another and display the value of the measured gas energy on their reading devices, but these measuring devices do not have devices for transmitting data on the measured values of gas energy to gas supplying organizations. A model of a natural gas volume and energy meter has been developed, which will be able to implement natural gas accounting in volume units and gas energy units with the subsequent transmission of data on the accounted gas volumes to gas supply organizations. The use of the proposed gas energy meter will ensure the implementation of commercial gas energy accounting with all the necessary attributes of such accounting: natural gas energy measurement, display of measured values on the meter reading device and automatic transmission of readings on the consumed energy to gas supply organizations. A comparative analysis of the gas volume and energy meter developed in this article with meters currently used for commercial natural gas accounting and with the developed gas meter designs has been carried out. The analysis has shown the advantages of the developed meter in comparison with existing analogues.

Keywords: energy, natural gas, energy meter, gas supply organization, commercial accounting.