

## МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ТА ЗАВАДОСТІЙКОСТІ РОТАЦІЙНИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

*Розглядається розглядається покращення відомого методу підвищення точності виміру витрат газу ротаційних лічильників завдяки впровадженню мікропроцесорної системи відліку зчитування замість існуючих механічних пристроїв зчитування, в яких використовується значна кількість черв'ячно-шестерних передач крутячого моменту, що знижує чутливість вимірного механізму в наслідок тертя рухомих деталей і зменшує надійність. В статті розглядається принцип корекції показання лічильника при зміні температури газу, блокування лічильника при несанкціонованому впливу зовнішнього магнітного поля, а також спосіб блокування лічильника при здійсненні «скручування» показників лічильника при реверсній подачі газу за допомогою дзеркального модулятора, датчика температури, магніточутливого датчика, які розміщені в вимірювальній камері та мікроконтролерної системи обробки сигналів QFN32. Надає забезпечення безконтактного процесу прийому передачі інформації спожитого газу зовнішнім користувачам.*

*Ключові слова: вимірювальна камера, ротори, синхронізуючі шестерні, крутячий момент, несанкціонований вплив, дзеркальний модулятор, мікропроцесорна система, температурний і магніточутливий датчики, дистанційне зчитування інформації.*

YANOVITSKYI A.  
Khmelnitskyi National University

## A METHOD OF INCREASING THE ACCURACY OF NOISE IMMUNITY OF ROTARY GAS METERS

*The improvement of the known method of improving the accuracy of gas flow measurement of rotary meters is considered by the introduction of microprocessor reading system instead of existing mechanical reading devices, which use a considerable amount of worm-and-pinion gears and more variable details of the mechanism. The article deals with the principle of correction of the meter reading when changing the temperature of the gas, blocking the meter in case of unauthorized exposure of an external magnetic field, as well as a method of blocking the meter when performing "twisting" of the meter at reverse gas supply with a mirror modulator, temperature sensor, sensor, magnitude sensor, sensor in the measuring chamber and the microcontroller signal processing system QFN32. Provides a non-contact process for receiving transmission of consumed gas information to external users. The economic efficiency of using gas meters with temperature correction for the average statistical consumer during the year is presented.*

*Key words: measuring chamber, rotors, synchronizing gears, torque, unauthorized impact, mirror modulator, microprocessor system, temperature and magnetosensitive sensors, remote reading of information.*

**Вступ.** Ротаційні лічильники газу які використовуються для комерційного обліку витрат газу споживачами у промисловості та комунальному господарстві [1,2,3] містять вимірювач, що складається з вимірювальної камери і двох роторів вісімкової форми та механічного лічильного механізму, такі лічильники мають ряд суттєвих недоліків:

- значна похибка виміру завдяки використанню механічного лічильного механізму, який складається з значної кількості черв'ячно-шестерних передач крутячого моменту, що призводять до зниження чутливості вимірного механізму в наслідок тертя рухомих деталей, а також похибку виміру при різних значеннях швидкості обертів роторів;
- не враховуються зміни об'єму газу від температури навколишнього середовища;
- відсутній ефективний захист від впливу зовнішнього магнітного поля на показник витрат газу;
- відсутність можливості дистанційного зчитування показників витрат газу; присутня можливість «скручування» показників лічильника при реверсній подачі повітря.

**Основна частина.** Температурна компенсація в газових лічильниках можлива механічним [4] і електричним шляхом. У разі коли вона проводиться механічно, то в вимірювальний механізм монтується пружина, коефіцієнт пружності якої залежить від температури навколишнього газу.

У разі електронної компенсації в робочий об'єм монтується температурний датчик, який вимірює температуру газу, а потім відбувається корекція відліку газу в залежності від температури в мікропроцесорному пристрою [5].

У статті приведені рисунки які пояснюють принцип роботи ротаційного лічильника газу з урахуванням температури газу, захистом від впливу зовнішніх магнітних полів, запобігання можливості «скручування» показників лічильника реверсній подачі повітря, а також можливість дистанційного зчитування показників витрат газу.

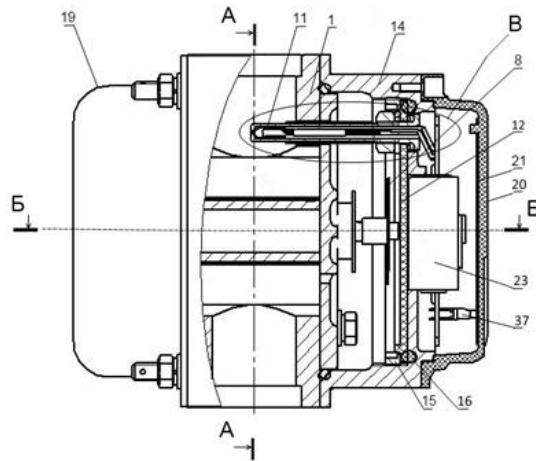


Рис. 1 Схема роторного лічильника газу

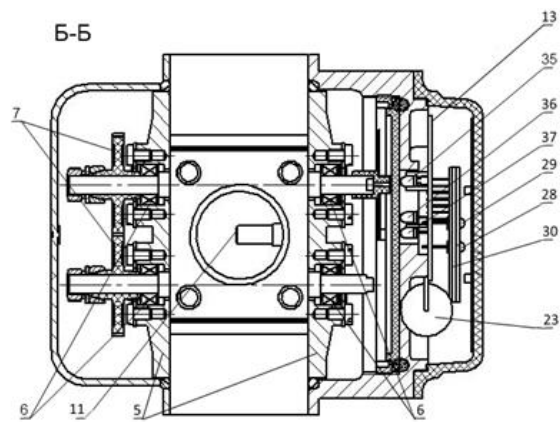


Рис. 2 Поперечний переріз роторного лічильника газу

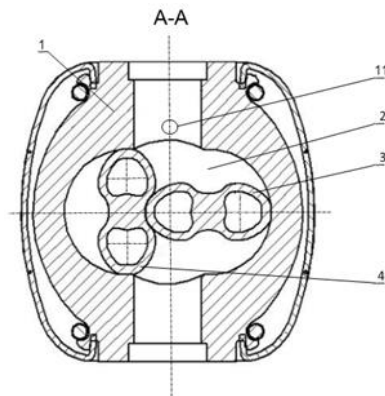


Рис. 3 Поздовжній розріз роторного лічильника газу

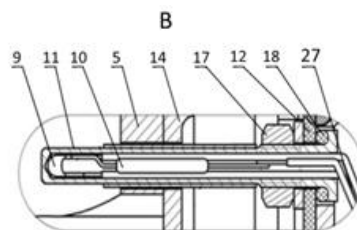


Рис. 4 Частина розрізу роторного лічильника газу у більшому масштабі

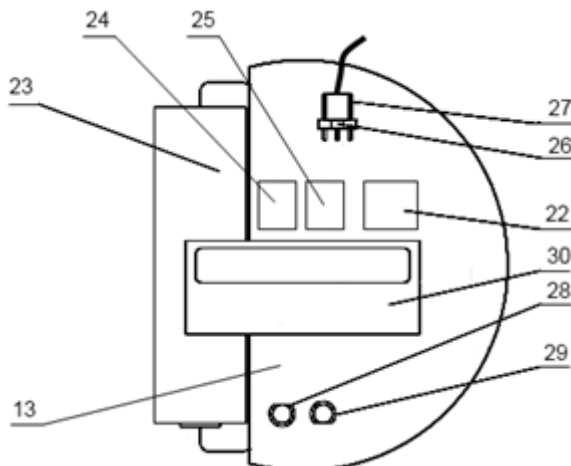


Рис. 5 Плата електронного відлікового пристрою (вид знизу)

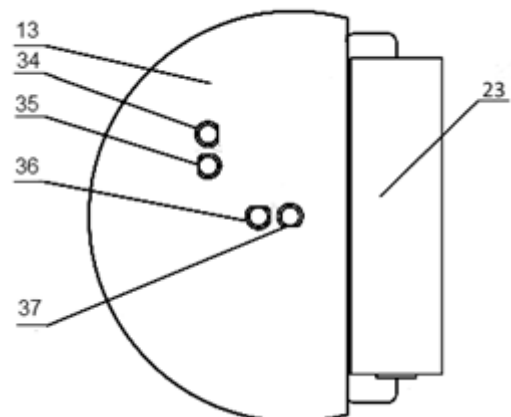


Рис. 6 плата електронного відлікового пристрою (вид зверху)

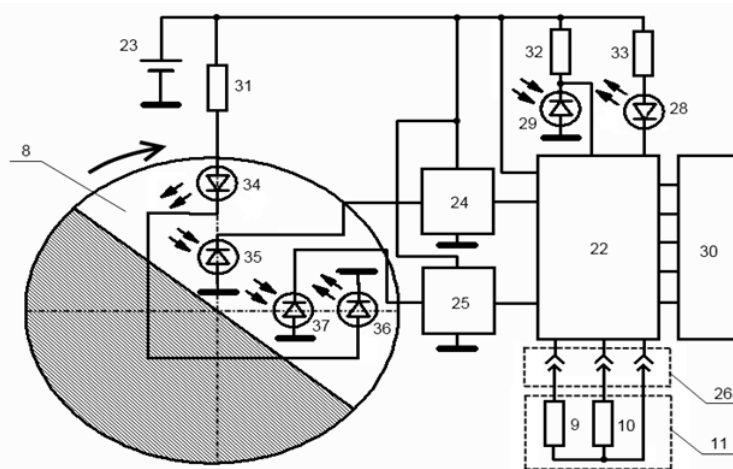


Рис. 7. Блок схема електронного відлікового пристрою роторного лічильника газу

На рисунках указано: корпус 1, робоча камера 2, ротори лічильника 3 та 4, дві стінки 5, якими з обох боків закрито корпус 1, на кожній стінці корпусу змонтовано дві пари підшипників 6, які є опорами валів роторів; дві синхронізуючі шестерні 7, закріплені на валах роторів, дзеркальний модулятор 8, встановлено на торці валу ротора 4, датчик температури 9 і магніточутливий датчик 10 розміщені в вхідному отворі корпусу 1, в захисній колбі 11 виготовлені з діамантного теплопровідного матеріалу, яка прикріплена до прозорого скла 12, яке розділяє дзеркальний модулятор 8 і плату електронного відлікового пристрою 13, скло 12 закріплене на передній кришці корпусу 14 різьбовим кільцем 15 з герметизуючою прокладкою 16, колба 11 з температурним датчиком 9 і магніточутливим датчиком 10 закріплене в отворі скла 12 гайкою 17 і герметизуючим кільцем 18, передня кришка корпусу 14 і задня кришка 19 забезпечує герметизацію вимірювача, верхня кришка 20 забезпечує механічний захист відлікового пристрою, до верхньої кришки 20 з середини прикріплена шкала 21 з надписами позначень та основних характеристик лічильника, плата електронного відлікового пристрою 13 містить мікропроцесор QFN32, який працює в температурному діапазоні від  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+85^{\circ}\text{C}$  22 [6], автономне джерело живлення (ER14505-AX) 23, схеми узгодження 24 і 25, роз'єм 26, дроти з'єднання 27 мікропроцесора 22 з температурним датчиком 9 і магніточутливим датчиком 10, променевий діод 28, фотодіод 29, рідкокристалічний дисплей (ТІС33М) 30, опори 31, 32, 33 для обмеження струму живлення відповідних променевих діодів, в нижній частині плати 13 розміщені дві пари променевих діодів і фотодіодів, перша пара променевий діод 34 і фотодіод 35, друга пара променевий діод 36 і фотодіод 37, причому розташовані пари променевих діодів і фотодіодів перпендикулярно одна одній по осям площини дзеркального модулятора.

Приведений ротаційний лічильник газу працює наступним чином. На вхідний отвір подається вимірювальний газ. За рахунок різниці тисків на вході і виході робочої камери 2 лічильника (рис. 3), ротори 3 і 4 починають одночасно обертатись в протилежних напрямках витісняючи газ до виходу. Синхронний рух роторів 3 і 4 відбувається завдяки двом синхронізуючим шестерням 7 (рис. 2). За один повний оберт роторів відбувається чотирикратне заповнення робочої камери і витіснення із них газу. Отже кожний оберт ротора

відповідає цілком повному об'єму газу, що проходить через лічильник. Дзеркальний модулятор 8 (рис. 1, 7) який встановлено на торці валу ротора 3 обертається зі швидкістю пропорційною об'єму газу, що проходить через лічильник, за кожний оберт ротора 3 модулятор 8 один раз віддзеркалює промені діодів 34 і 36 (рис. 6, 7) які фіксуються фотодіодами 35 і 37 (рис. 6, 7) відповідним сигналом «0» або «1» і через схеми узгодження 24 і 25 (рис. 7) поступають на входи мікропроцесора який виконує підрахунок сигналів і визначає відлік об'єму спожитого газу. Використання двох пар променевих діодів і фотодіодів 34, 35 і 36, 37 необхідно для запобігання обліку газу при зворотній подачі газу завдяки визначення часового порядку надходження вхідних сигналів фотодіодів 35 і 37 на вхід мікропроцесора 22 (рис. 7), який зупиняє роботу лічильника і фіксує несанкціонований вплив на роботу лічильника. Ортогональне розміщення в площині двох пар променевих діодів і фотодіодів 34, 35 і 36, 37 (рис. 6) дає змогу більш чіткому формуванню сигналів «0», «1» на виходах фотодіодів 35, 37. Схеми узгодження 24, 25 для узгодження вихідних сигналів фотодіодів 35, 37 з вимогами до вхідних сигналів мікропроцесора 22. Температурний датчик 9 і магніточутливий датчик 10 (рис. 4) розміщені в вхідному отворі з максимальним наближенням до робочої камери 2, це дозволяє вимірювати температуру газу та фіксувати зовнішні магнітні поля безпосередньо в робочій камері 2. З Температурного датчика 9 і магніточутливого датчика 10 по дротам з'єднання 27 поступають сигнали на відповідні входи мікропроцесора 22. Мікропроцесор 22 проводить корекцію об'єму вимірів газу в залежності від швидкості обертів роторів, а також від температури газу згідно закладеної в ньому програми по визначеними емпіричними залежностями і занесеними в пам'ять мікропроцесора. Результати виміру відображаються на рідкокристалічному дисплеї 30 (рис. 2, 5, 7). При зовнішньому магнітному впливі спрацьовує магніточутливий датчик 10 і мікропроцесор 22 фіксує несанкціоноване магнітне втручання в роботу лічильника. Розміщення на верхній поверхні плати (рис. 5) фотодіода 28 і променевого діода 29 які з'єднані відповідним чином з входом і виходом мікропроцесора 22 дозволяють через прозорий матеріал верхньої кришки 20 (рис. 1) здійснювати зчитування зовнішніми засобами реєстрації та фіксації об'єму спожитого газу безконтактним методом, що є більш надійним і сучасним порівняно з інтерфейсним роз'ємом.

Згідно описаного методу був виготовлений дослідний зразок на державному підприємстві «Новатор». Проведені заводські випробування, які підтвердили відповідність виробу ДСТУ 5899015 «Лічильники газу роторні. Загальні технічні вимоги» і налагоджено серійно виробництво лічильника G4PL-E.

В роботі [7] наглядно показано, що для користувача вигідно установлювати лічильник з температурною корекцією, по скільки він враховує дійсні зміни температури. Для оцінки розглядалося житло площею 70 м<sup>2</sup> в якому проживає одна людина з наступним газовим обладнанням: газова плитка, газовий водонагрівач для підігріву води, газовий котел для опалення. Різниця в об'ємі спожитого газу розрахованого з використанням лічильника газу з температурною корекцією спожитого газу приведена на рис. 8.

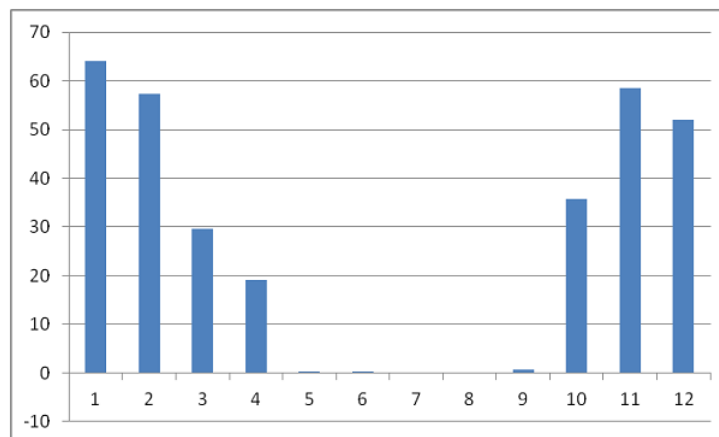


Рис. 8 Різниця між значеннями спожитого газу лічильником без урахування температури газу і лічильником з урахуванням температури газу в м<sup>3</sup> на протязі року

З графіку на рисунку 8 видно, що річна економія використаного газу з використанням лічильника з корекцією газу від температури становить 318 м<sup>3</sup>, враховуючи те, що на теперішній час один куб газу коштує 5 грн, [8] то заощаджується за рік 1590 грн.

Вартість газового лічильника ротаційного типу G4PL-E з електронною схемою корекції спожитого газу від температури газу, в конструкції якого впроваджено патент на корисну модель [5], на теперішній час 1116 грн [9]. Отже за один рік експлуатації даного лічильника повністю заощаджується його вартість.

**Висновки.** Запропонований метод дозволяє: знизити похибку вимірювання на 10-15 % відносно використання механічних лічильних механізмів; збільшити майже в 3 рази термін експлуатації лічильника; корегувати значення виміру об'єму газу від температури завдяки розміщенню термодатчиків в зоні вимірювальної камери, компенсувати похибку вимірювання яка виникає при різних швидкостях обертів роторів; фіксувати наявність дії електромагнітного поля і блокувати процес вимірювання; забезпечувати безконтактний процес прийому-передачі інформації зовнішнім користувачам; унеможливити «скручування» показників лічильника при реверсній подачі повітря завдяки алгоритму роботи мікропроцесорної системи, яка відсліджує порядок подачі сигналів на відповідні входи мікропроцесора при зміні напрямку обертання дзеркального модулятора.

### Література

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества. Л. Машиностроение 1989 стр.335-337
2. Патент України на корисну модель № 125993 від 25.05.2018 «Ротатійний лічильник газу» Корольов В.Б., Яновицький О.К.
3. Устройство газового счетчика (роторного), фото в разборе. Электронный ресурс. URL: <http://voda-vor.ru/gaz.html>
4. Счетчик газа мембранный с термокоррекцией Elster BK G-4 MT — 4 м3/ч. Электронный ресурс. URL: <https://termopara.net.ua/shop/pribory-gazovogo-kontrolya/schetchiki-gazovye/schetchik-gaza-membrannyj-elster-bk-t-g-4/>
5. Патент України на корисну модель № 131133 від 10.01.2019 «Лічильник газу роторного типу» Корольов В.Б., Яновицький О.К.
6. Микросхеми, AVR-контролери ATmega8A-MU QFN-32. Электронный ресурс. URL: [https:// asenergi.com /catalog/microchip/controller/atmega8a-mu-qfn32.html](https://asenergi.com/catalog/microchip/controller/atmega8a-mu-qfn32.html)
7. Интернет джерело: Инженерный вестник Дона, №4 (2016) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3837 «Электронная температурная коррекция объема в приборах учета потребления природного газа» А.О. Беляев, Д.Г. Ковтун.
8. Цена на природный газ для населения. Электронный ресурс. URL: <https://104.ua/ru/gas-and-money/how-costs/id/tarifi-dlja-riznih-kategorij-spozivachiv-7315>
9. Державне підприємство «Новатор». Прайс-лист. Электронный ресурс. URL: <https://novator-tm.com/index.php?id=price>
10. ДСТУ EN 12480:2006 Счетчики газа роторные. Общие технические условия. Электронный ресурс. URL: [http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id\\_doc=62933](http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page.html?id_doc=62933)

### Reference

1. Kremlevskiy P.P. Flow meters and quantity counters. L. Engineering 1989 pgs.335-337
2. Patent of Ukraine for utility model № 125993 25.05.2018 «Rotary gas meter» Koroliyov V.B., Yanovitskiy A.K.
3. The device of the gas meter (rotary), photo parsed. Electronic resource. URL: <http://voda-vor.ru/gaz.html>
4. The gas meter membrane with thermal correction of Elster BK G-4 MT - 4 m3 / h. Electronic resource. URL: <https://termopara.net.ua/shop/pribory-gazovogo-kontrolya/schetchiki-gazovye/schetchik-gaza-membrannyj-elster-bk-t-g-4/>
5. Patent of Ukraine for utility model № 131133 10.01.2019 «Rotor type gas counter» Koroliyov V.B., Yanovitskiy A.K.
6. Chips, AVR-controllers ATmega8A-MU QFN-32. Electronic resource. URL: [https:// asenergi.com/ catalog/microchip/ controller/atmega8a-mu-qfn32.html](https://asenergi.com/catalog/microchip/controller/atmega8a-mu-qfn32.html)
7. Internet resource: Engineering Bulletin of the Don, No.4 (2016) ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3837 “Electronic temperature correction of volume in natural gas consumption meters”. A.O. Beliaev, D.G. Kovtun.
8. The price of natural gas for the population. Electronic resource. URL: <https://104.ua/ru/gas-and-money/how-costs/id/tarifi-dlja-riznih-kategorij-spozivachiv-7315>
9. DP “Novator”. Price list. Electronic resource. URL: <https://novator-tm.com/index.php?id=price>
10. DSTU EN 12480: 2006 Rotary gas meters. General specifications. Electronic resource. URL: [http://online.budstandart.com/en/catalog/doc-page.html?id\\_doc=62933](http://online.budstandart.com/en/catalog/doc-page.html?id_doc=62933)

Рецензія/Peer review : 11.12.2019

Надрукована/Printed : 02.01.2020