

РЕАЛІЗАЦІЯ МІТКОВОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ВИТРАТИ ГАЗУ В СКЛАДІ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ ЕТАЛОННОЇ ДЗВОНОВОЇ УСТАНОВКИ ТЕМПО-3

Мануляк Ірина,

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Україна,

Мельничук Степан,

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, Україна

Анотація

У статті запропоновано реалізацію інформаційно-вимірювального каналу контролю порогу чутливості на основі первинного перетворювача міткового типу. Подано результати експериментів, які свідчать про перспективність подальшого дослідження первинних перетворювачів на основі розробленого методу. Показано, що запропонований інформаційно-вимірювальний канал може використовуватися як самостійно, так і в складі автоматизованих систем контролю. Розроблено блок-схеми перетворення інформаційно-вимірювальних сигналів у величину поточної витрати каналу у складі повірочної установки.

Ключові слова: канал витрати газу, мітковий перетворювач витрати, поріг чутливості, інформаційно-вимірювальний сигнал.

Abstract

The information-measuring channel with the threshold sensitivity control based on the converter of the label-type element is proposed. The proposed channel can be used both independently and together with automated control system. The implementation of information-measuring channels for verifying and controlling the gas volume conversion needs such types of converter as rotary, drum, membrane, turbine and float types. The functioning of information-measuring channels with primary transducers in energy accounting and consumption systems is characterized by the presence of signal distortions due to unevenness of the movement of the measured element as well as the presence of operational interference. The common inadequacy should be the significant inertia of the dimensional element, caused by their density that is in several orders of magnitude higher than the density of the measured medium.

To realize the conversion of the fluctuations of the pressure drop due to the spherical label displacement, the acoustic oscillation converter Panasonic WM-034B was applied. The pulse waveform circuits for measuring the overall volume and volume of gas consumption in the mentioned transducers are based on the use of additional generating components, in particular in turbine and float type converters. Their drift directly affects the accuracy of measurements and leads to additional power consumption.

The obtained results testify to the prospect of further study of the proposed method. It should be noted that constructive simplicity, overall dimensions, small relative uncertainty together with high speed of measuring data formation, acquisition and processing, allow use effectively the researched converters as auxiliary sources of measuring information in the specialized systems for monitoring and measuring parameters of gas environments. The developed functions do not require significant resources, which is why they can be integrated into any system. It should be noted that the proposed information-measuring channel can be used both independently and in the composition of automated control systems.

Keywords: Gas Flow Channel, Flow Rate Converter, Threshold of Sensitivity, Information-Measuring Signal.

Постановка проблеми. Одним із недоліків реалізацій перетворювачів витрати газоподібних та рідинних середовищ, що ґрунтуються на використанні елементу міткового типу є використання матеріалів при виготовленні мірних елементів, густина яких на кілька порядків більша за густину вимірювального середовища. Крім того, типові реалізації первинних перетворювачів витрати ґрунтуються на використанні компонентів з нелінійними характеристиками, які зазнають змін в ході експлуатації, що приводить до спотворення вимірювальних сигналів. А також необхідність залучення конструктивних рішень систем формування вимірювальних сигналів, які ґрунтуються на механічній або магнітній взаємодії з мірним елементом, що зумовлює погіршення метрологічних параметрів пристрою, оскільки частина енергії потоку середовища витрачається на компенсацію згаданих зусиль.

Одним з перспективних варіантів вирішення згаданих проблем є вдосконалення та пошук нових конструктивних реалізацій мірних елементів міткових перетворювачів витрати газових середовищ та способів

формування і опрацювання вимірювальних сигналів зокрема, у випадку реалізації інформаційно-вимірювальних каналів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. При реалізації інформаційно-вимірювальних каналів в комп'ютерних системах повірки, атестації та контролю параметрів перетворення об'єму газу найчастіше послуговуються такими типами перетворювачів як роторні, барабанні, мембранні, турбінні та поплавкові, які додатково оснащуються спеціалізованими технічними рішеннями для формування інформаційно-вимірювальних сигналів, зазвичай імпульсних [1, 2]. Слід зауважити, що функціонування згаданих первинних перетворювачів в складі інформаційно-вимірювальних каналів систем обліку та споживання енергоносіїв характеризується наявністю спотворень сигналу, що зумовлені нерівномірністю руху мірного елемента, а також наявністю експлуатаційних завад, що виникають при збільшенні довжини каналу обміну даними. Крім того, до спільних недоліків слід віднести значну інертність мірного елемента, яка зумовлена використанням матеріалів з густиною, яка на кілька порядків більша за густину вимірюваного середовища, що приводить до зниження точності за рахунок перетоків, оскільки рух мірного елемента потребує створення відповідного зусилля, зокрема для перетворювачів тахометричного типу в області малих витрат.

Формулювання цілі статті. Схеми формування імпульсних сигналів для вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу в згаданих перетворювачах витрати ґрунтуються на використанні додаткових генеруючих компонентів, зокрема в перетворювачах турбінного та поплавкового типів, стабільність роботи яких безпосередньо впливає на точність формування інформаційно-вимірювальних сигналів і приводить до додаткових затрат живлення і крім того ускладнює конструкцію системи. В такій ситуації актуальними залишаються задачі пошуку нових варіантів конструктивних реалізацій перетворювачів об'єму та об'ємної витрати газових середовищ, зокрема в області низьких витрат вимірюваного середовища.

Виклад основного матеріалу. На основі розробленого в [3] первинного перетворювача витрати газу запропоновано інформаційно-вимірювальний канал контролю порогу чутливості міткового перетворювача. Доцільно зазначити, що запропонована реалізація інформаційно-вимірювального каналу може бути використана в мобільних системах контролю перетворювачів витрати газу побутового типу по місцю експлуатації. Одним з важливих параметрів засобів вимірювання, який контролюється є чутливість – властивість, що визначається відношенням вихідного сигналу цього засобу до зміни вимірюваної величини, що його викликає. Характеризує здатність засобу вимірювання реагувати на зміну вхідного сигналу [4]. Для контролю порогу чутливості запропоновано структурну схему інформаційно-вимірювального каналу витрати газу на основі міткового первинного перетворювача, яка представлена на рисунку 1, а.

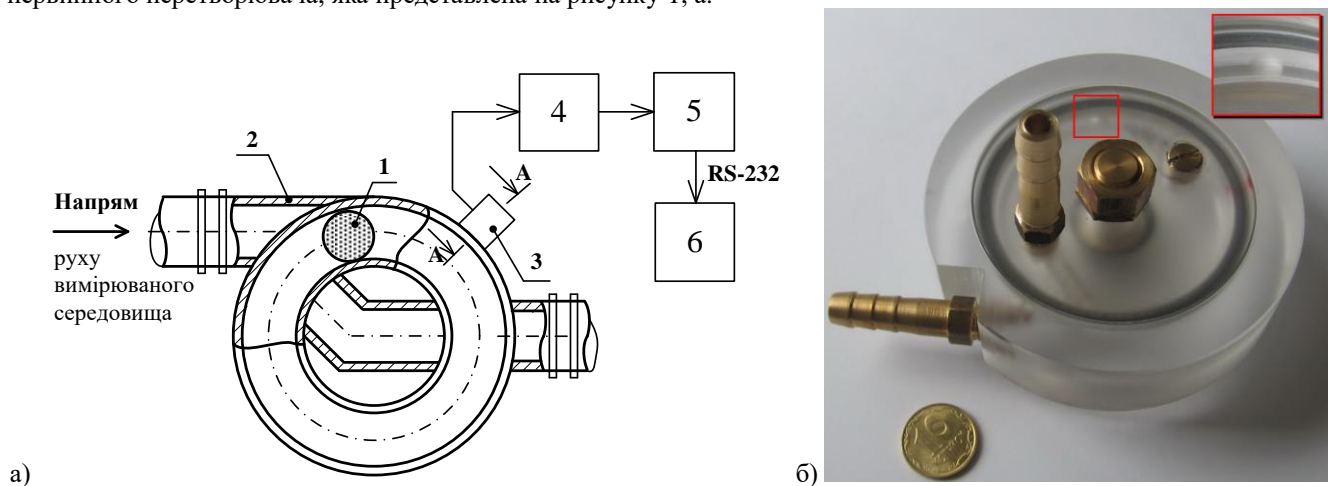


Рис. 1. а) Інформаційно-вимірювальний канал витрати газу на основі міткового первинного перетворювача;
б) Загальний вигляд дослідного взірця міткового первинного перетворювача

Figure 1. a) Information-measuring channel of gas flow on the basis of the tag's primary converter;
b) General view of the prototype prototype of the label primary converter

Для фіксації переміщення потоком газу сферичної мітки 1, що проходить мірною камерою 2, використовують реєстратор проходження мітки 3 (акустичний сенсор), який здійснює перетворення хвилі перепаду тиску зумовлений переміщенням 1 у імпульсні сигнали, які в подальшому передаються на селектор вибору типу сигналу 4, тоді на мікроконтролерну систему опрацювання сигналів 5 з подальшим формуванням інформаційних повідомлень на комп'ютер 6 через комунікаційний порт RS-232. Загальний вигляд розробленого первинного перетворювача подано на рисунку 1, б.

Для реалізації перетворення коливань перепаду тиску, зумовлених переміщенням сферичної мітки використано перетворювач акустичних коливань WM-034B фірми Panasonic [5]. Такий пристрій характеризується стійкістю до вібрацій та амплітудно-частотними характеристиками, які у вимірюваному діапазоні є лінійними.

Згідно [ДСТУ 2681-94 Метрологія. Терміни та визначення.] довірна імовірність первинних перетворювачів не повинна бути меншою за 0,95. З метою оцінювання можливої відносної стандартної невизначеності [6] в околі згаданої довірчої імовірності проведено ряд експериментальних досліджень в діапазоні вимірювань, зокрема для витрат 0,078 м³/год, 0,305 м³/год, 0,603 м³/год, 0,887 м³/год та 1,014 м³/год.

На основі запропонованого в [7] методу розрахунку відносної невизначеності з використанням Гаусового інтегралу помилок проведено опрацювання вимірювальних сигналів, розробленого в [3] первинного перетворювача і визначено, що розподіл вимірювання параметру відповідає нормальному за критерієм $\chi^2 = 18,924$.

Таким чином, доцільно використати запропонований метод Гаусового інтегралу помилок для вибору оптимальних параметрів опрацювання інформаційно-вимірювальних сигналів. За результатами ряду експериментів отримано акустичну реалізацію інформаційно-вимірювальних сигналів для витрат 0,078 м³/год, 0,305 м³/год, 0,603 м³/год, 0,887 м³/год та 1,014 м³/год. З огляду на необхідність забезпечення довірчого інтервалу вимірюваної величини в околі 0,95 необхідно задатись відносною невизначеністю $\pm 0,5\%$ для кожної із згаданих витрат. Результати розрахунку міжімпульсного інтервалу для витрати 0,078 м³/год подано в таблиці 1.

Таблиця 1. Міжімпульсні інтервали інформаційно-вимірювальних сигналів для витрати 0,078 м³/год
Table 1. Intermediate pulses of information-measuring signals for consumption of 0.078 m³/h

| №п/п | початок | кінець | інтервал | початок | кінець | інтервал |
|------|---------|--------|----------|---------|---------|----------|
| | smpl | | | мс | | |
| 1 | 2541 | 24374 | 21833 | 0,3170 | 3,0460 | 2,7290 |
| 2 | 24374 | 46236 | 21862 | 3,0460 | 5,7790 | 2,7330 |
| 3 | 46236 | 67796 | 21560 | 5,7790 | 8,4740 | 2,6950 |
| 4 | 67796 | 89814 | 22018 | 8,4740 | 11,2260 | 2,7520 |
| 5 | 89814 | 111465 | 21651 | 11,2260 | 13,9330 | 2,7070 |
| 6 | 111465 | 132348 | 20883 | 13,9330 | 16,5430 | 2,6100 |
| 7 | 132348 | 153791 | 21443 | 16,5430 | 19,2230 | 2,6800 |
| 8 | 153791 | 175173 | 21382 | 19,2230 | 21,8960 | 2,6730 |
| 9 | 175173 | 196629 | 21456 | 21,8960 | 24,5780 | 2,6820 |
| 10 | 196629 | 218160 | 21531 | 24,5780 | 27,2700 | 2,6920 |
| 11 | 218160 | 239736 | 21576 | 27,2700 | 29,9670 | 2,6970 |
| 12 | 239736 | 261409 | 21673 | 29,9670 | 32,6760 | 2,7090 |
| 13 | 261409 | 282218 | 20809 | 32,6760 | 35,2770 | 2,6010 |
| 14 | 282218 | 303722 | 21504 | 35,2770 | 37,9650 | 2,6880 |
| 15 | 303722 | 325156 | 21434 | 37,9650 | 40,655 | 2,6900 |

Провівши обчислення K_{HP} , отримано $K_{HP} = 0,1789 < 1,38$, що не забезпечує відповідного довірчого інтервалу. Покращення цього коефіцієнта може бути досягнуто за рахунок зменшення СКВ l , що в свою чергу потребує збільшення вибірки. В ході моделювання в чисельному експерименті проведено поступове збільшення розміру вибірки сигналу. В результаті отримано прийнятну величину СКВ l в межах 58,6389 мс. або 469112 smpl, результати подано в таблиці 2.

Для отриманих результатів спостережень вимірюваної величини проведено розрахунок необхідних статистичних характеристик: кількість імпульсів $n = 23$; середнє значення $\bar{X} = 469112$; СКВ – 910,12369.

При заданій величині відносної невизначеності $\pm 0,5\%$, абсолютне значення невизначеності складе: відносна невизначеність u_A , % – 0,536; невизначеність u , smpl – $\frac{\bar{X} \cdot u_A}{100} = 2514,4403$.

Величина невизначеності розглядається як різниця математичних сподівань інтервалів між вимірювальними сигналами. На основі отриманих даних проведено розрахунок K_{HP} : міжімпульсний інтервал l , що розраховується $\bar{X} / 44100 / n \cdot 1000 = 462,49827$; коефіцієнт $K_{HP} = \Delta / 2 / \text{СКВ} = 1,3813729$.

Таблиця 2. Міжімпульсні інтервали інформаційно-вимірювальних сигналів для витрати 0,078 м³/год
Table 2. Intermediate pulses of information-measuring signals for consumption of 0.078 m³/h

| №п/п | початок | кінець | інтервал | початок | кінець | інтервал |
|------|---------|--------|----------|---------|---------|----------|
| | smpl | | | мс | | |
| 1 | 2541 | 473861 | 471320 | 0,3170 | 59,2320 | 58,9150 |
| 2 | 24374 | 494736 | 470362 | 3,0460 | 61,8420 | 58,7960 |

| | | | | | | |
|----|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| 3 | 46236 | 516247 | 470011 | 5,7790 | 64,5300 | 58,7510 |
| 4 | 67796 | 537582 | 469786 | 8,4740 | 67,1970 | 58,7230 |
| 5 | 89814 | 558886 | 469072 | 11,2260 | 69,8600 | 58,6340 |
| 6 | 111465 | 580109 | 468644 | 13,9330 | 72,5130 | 58,5800 |
| 7 | 132348 | 601470 | 469122 | 16,5430 | 75,1830 | 58,6400 |
| 8 | 153791 | 622797 | 469006 | 19,2230 | 77,8490 | 58,6260 |
| 9 | 175173 | 643986 | 468813 | 21,8960 | 80,4980 | 58,6020 |
| 10 | 196629 | 665271 | 468642 | 24,5780 | 83,1580 | 58,5800 |
| 11 | 218160 | 686507 | 468347 | 27,2700 | 85,8130 | 58,5430 |
| 12 | 239736 | 707783 | 468047 | 29,9670 | 88,4720 | 58,5050 |
| 13 | 261409 | 729320 | 467911 | 32,6760 | 91,1650 | 58,4890 |
| 14 | 282218 | 751019 | 468801 | 35,2770 | 93,8770 | 58,6000 |
| 15 | 303722 | 772525 | 468803 | 37,9650 | 96,5650 | 58,6000 |

Отримане значення більше 1,38. Отже, згідно [7] довірча імовірність більша за 0,95, що дозволяє забезпечити відповідну величину довірчого інтервалу. Аналогічні дослідження проведено для вище згаданих величин витрат, для яких встановлено відповідні інтервали спостережень інформаційно-вимірювальних сигналів, які забезпечують довірчу імовірність згідно ДСТУ 2681-94. В ході проведення досліджень встановлено залежність між величиною витрати та міжімпульсним інтервалом. Усереднені значення міжімпульсного інтервалу подано в таблиці 3.

Таблиця 3. Розрахунок міжімпульсного інтервалу для кожної витрати
Table 3. Calculation of interpulse interval for each cost

| Міжімпульсний інтервал, мс | Тривалість спостереження, мс | Витрата, м ³ /год |
|----------------------------|------------------------------|------------------------------|
| 19,1920 | 441,4162 | 0,078 |
| 0,2809 | 16,29174 | 0,305 |
| 0,0603 | 6,933873 | 0,603 |
| 0,0413 | 4,991848 | 0,887 |
| 0,0329 | 4,371984 | 1,014 |

Графічне представлення залежності витрати Q м³/год від інтервалу l , smpl подано на рисунку 2.

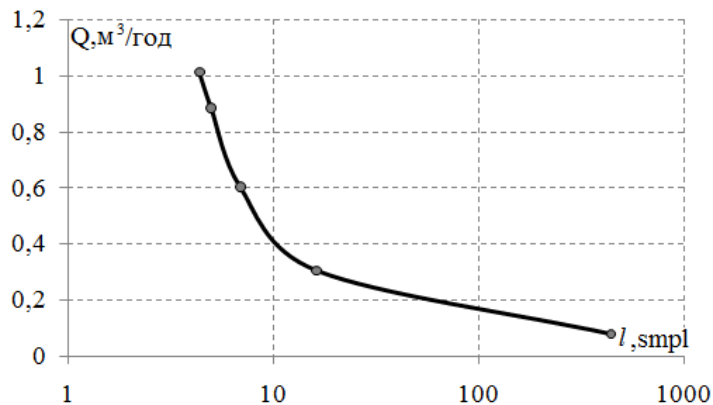


Рис. 2 Залежність витрати від інтервалу
Figure 2. Dependence of expenditure on interval

Для зручності опрацювання інтервал подається у відліках АЦП smpl, які формуються через фіксовані проміжки часу. Оцифровування аналогових імпульсних інформаційних сигналів $S(n)$, отриманих з перетворювача, реалізується платою 16 розрядного аналого-цифрового перетворювача ALC882М з такими характеристиками: інтерфейс – HDA; розрядність представлення даних (S/PDIF) – 16/20/24 біт; максимальна частота входних сигналів 192 КГц; кількість аналогових входів – 2.

З врахуванням частоти дискретизації АЦП, яка складає 44,1 кГц, smpl нескладно перерахувати в часові одиниці, зокрема мс. Як можна побачити з рисунка 4 аналітичний опис поданої залежності ускладнюється внаслідок широкого інтервалу змін тривалості між імпульсами. З огляду на це запропоновано перейти в координати $1/l$. Відповідні, перераховані в нових координатах, параметри подані в таблиці 4.

Таблиця 4. Результати моделювання
Table 4. Simulation results

| $1/l$ | $Q(1/l)$, м ³ /год |
|----------|--------------------------------|
| 0,002265 | 0,079818 |
| 0,061381 | 0,298778 |
| 0,14422 | 0,61555 |
| 0,200327 | 0,870922 |
| 0,228729 | 1,02167 |

Графік залежності за отриманими даними представлено на рисунку 3, а. На основі отриманих представлень проведено регресійний аналіз, за яким отримано аналітичний опис, який дозволяє встановити залежність між опосередкованим параметром $1/l$ та величиною витрати, система рівнянь степеневих функцій подана нижче.

$$Q(1/l) = \begin{cases} 0,002265 < 1/l \leq 0,14422; & -1,7090 \cdot (1/l)^2 + 3,9487 \cdot (1/l) + 0,0691 \\ 0,14422 < 1/l \leq 0,228729; & -6,9852 \cdot (1/l)^2 + 7,4685 \cdot (1/l) - 0,3288 \end{cases}$$

Результати моделювання в чисельному експерименті відносної стандартної невизначеності запропонованої моделі подано на рисунку 3, б.

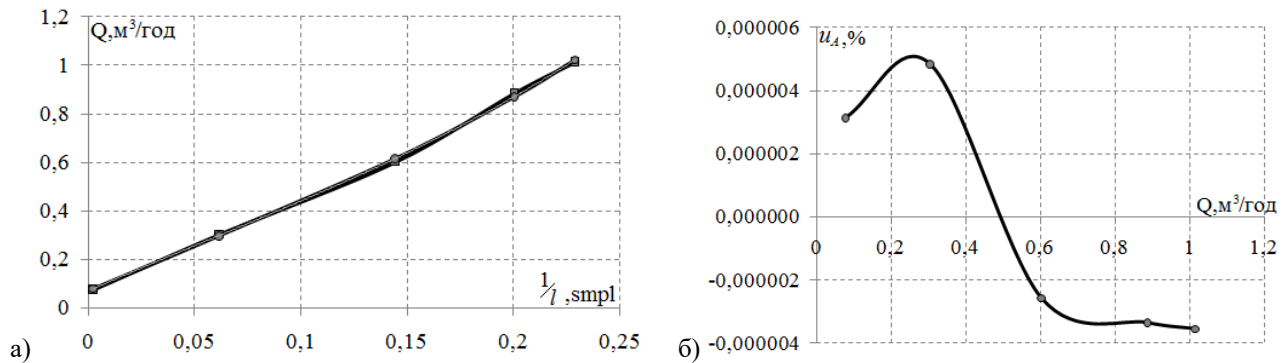


Рис.3. а) Залежність між імпульсного інтервалу від витрати в системі координат $1/l$;

б) Результати обчислення відносної невизначеності запропонованої моделі

Figure 3. a) The dependence of the pulsed interval on the expenditure in the coordinate system ;

b) The results of calculating the relative uncertainty of the proposed model

Як можна побачити, отримана аналітична залежність має відносну невизначеність перетворення на п'ять порядків меншу, порівняно з відносними невизначеностями вимірювання сучасних взірцевих та еталонних перетворювачів, на основі чого можна стверджувати, що її вплив на результат опрацювання вимірювальних сигналів несуттєвий.

Розроблений інформаційно-вимірювальний канал контролю порогу чутливості задіяно в складі еталонної установки одиниць об'єму та об'ємної витрати газу дзвонового типу на ІВФ «ТЕМПО»: вимірюване середовище – повітря, контрольний об'єм 0,005 м³, тиск 113 мм.вод.ст., стабілізація температури навколишнього середовища 20⁰±0,5%, границі допустимої основної відносної похибки установки ±0,33% для діапазону витрат від 0,01 м³/год до 1,5 м³/год.

Структурна схема інформаційно-вимірювальної системи включає дзвоновий мірник, який забезпечує відтворення вимірюваних параметрів із вище згаданою точністю; замірної ділянки (труб та запірної арматури), на якій проводиться повірка, атестація засобів вимірювання; імплементовані перетворювачі температури, тиску, щільного перетворювача переміщення дзвонового мірника, перетворювача-формувача імпульсних сигналів засобу вимірювання, розробленого інформаційно-вимірювального каналу на основі первинного перетворювача міткового типу, комп'ютерної системи та відповідного програмного забезпечення. Загальний вигляд розробленого інформаційно-вимірювального каналу в складі установки ТЕМПО-3 представлено на рисунку 4, а.

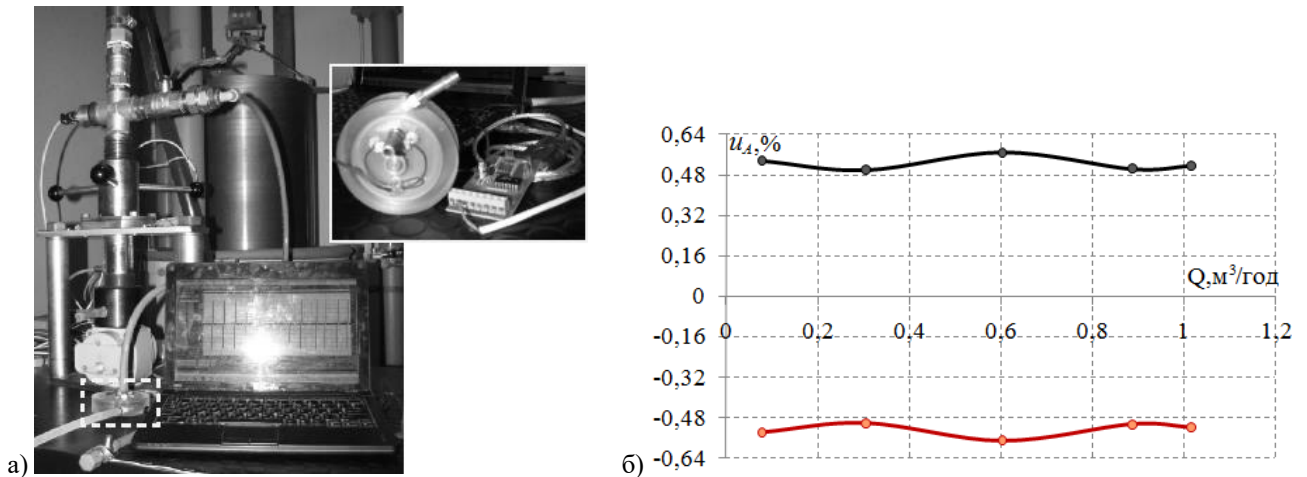


Рис. 4. а) Реалізація розробленого інформаційно-вимірювального каналу у складі ТЕМПО-3;
 б) Залежність відносної стандартної невизначеності перетворювача від витрати вимірюваного середовища
 Figure 4. a) Implementation of the developed information-measuring channel in the TEMPO-3;
 b) Dependence of the relative standard uncertainty of the converter on the flow of the measured medium

В складі повірочної установки ТЕМПО-3 задіяно інформаційно-вимірювальні канали:

- температури з термоперетворювачами Т1, Т2, Т3 типу ТСП-100П платиновими з робочим діапазоном температур від -260°C до $+100^{\circ}\text{C}$. Зокрема, Т1 міряє температуру вимірюваного середовища всередині дзвонового мірника, сигнал подається на вхід АІ-1, АЦП АD-сРСІ-16; Т2 міряє температуру на виході з дзвонового мірника, сигнал подається на вхід АІ-2; Т3 міряє температуру після перетворювача, що повіряється, сигнал подається на АІ-3;

- тиску з термокомпенсованими перетворювачами Р1 та ΔP типу МРХ2010 з діапазоном тисків від 0кПа до 10кПа . Зокрема, Р1 міряє тиск на виході з дзвонового мірника, сигнал подається на АІ-4, АЦП АD-сРСІ-16; ΔP міряє різницю тисків на лічильнику, що повіряється, сигнал подається на АІ-5;

- переміщення дзвонового мірника використано щілинний перетворювач F_0 типу НОА2005-001, який подається на вихід РСІ-1730U.

На схемі представлений канал вимірювання об'єму з перетворювачем $F1$, що визначає кількість імпульсів, отриманих з лічильника, які передаються на 32-канальну плату РСІ-1730U.

Результати експериментальних досліджень відносної стандартної невизначеності в діапазоні витрати $0,078 - 1,014 \text{ м}^3/\text{год}$ дослідного взірця перетворювача об'ємної витрати газового середовища подано на рисунку 4, б.

Однією з проблем, які збільшують тривалість проведення процедур метрологічної атестації, повірки та калібрування є низька інформаційна продуктивність сенсора переміщення дзвонового мірника, який не дозволяє отримати поточні значення витрати в ході експерименту, зокрема в області малих витрат.

Для вирішення згаданої проблеми запропоновано використати інформаційно-вимірювальний канал витрати на основі міткового перетворювача витрати, який формує інформаційно-вимірювальні сигнали з частотою не меншою за 1 Гц , які опрацьовуються блоком $HxSP$ на основі ентропійних оцінок, звідки зчитуються через порт RS-232 комп'ютерною системою повірочної установки. Такий перетворювач може бути використаний в області малих витрат, оскільки має значно нижчий поріг чутливості у порівнянні з діючим характеризується вищою інформаційною продуктивністю.

Використання розробленого інформаційно-вимірювального каналу передбачено в двох режимах: 1 – атестації і калібрування, коли сигнал опрацьовується за допомогою $HxSP$ і через RS-232 подається на комп'ютер, тоді формуються відповідні протоколи та результати атестації; 2 – режим дослідження сигналів, коли дані з датчика подаються на підсилювач, а тоді сигнал поступає на плату АЦП АLC882M, що за частоти перетворення $44,1 \text{ кГц}$ дозволяє отримати детальну інформацію про переміщення вимірюваного середовища.

З метою забезпечення функціонування апаратної частини розроблено відповідне алгоритмічне і програмне забезпечення. Зокрема блок-схема перетворення інформаційно-вимірювальних сигналів у величину поточної витрати каналу у складі повірочної установки подана на рисунку 5.

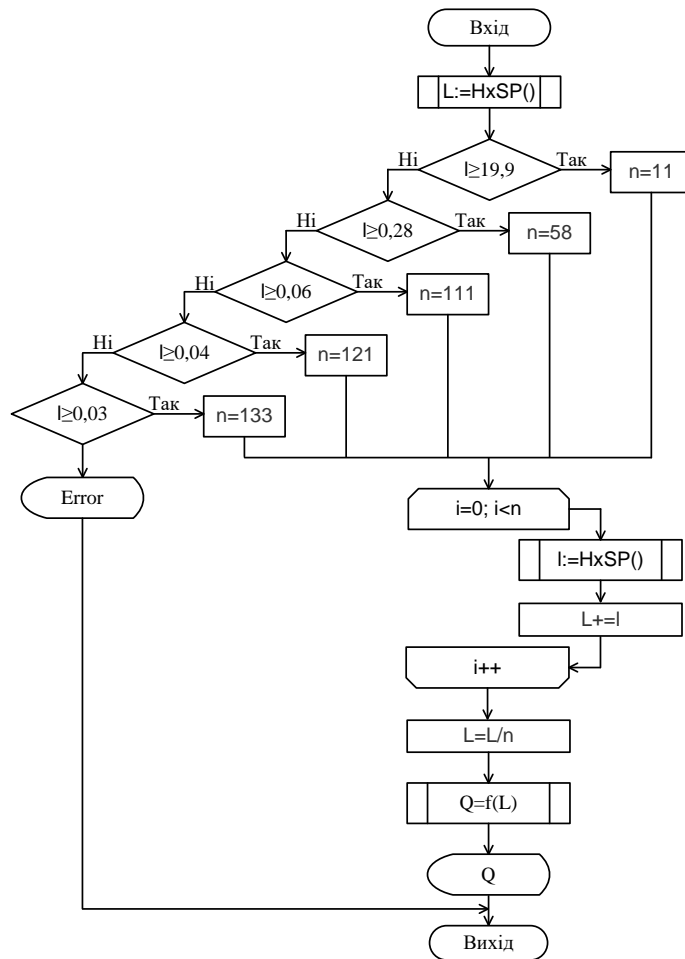


Рис.5. Блок-схема перетворення інформаційно-вимірювальних сигналів у величину поточної витрати каналу
 Figure 5. Block diagram of the transformation of information-measuring signals into the amount of current flow of the channel

Для зручності реалізації програмного забезпечення в поданому алгоритмі передбачено оцінювання міжімпульсних інтервалів за час спостереження, розрахований згідно моделі розробленого інформаційно-вимірювального каналу, зокрема для $Q = 0,078 \text{ м}^3 / \text{год}$ необхідно опрацювати 11 міжімпульсних інтервалів, для $Q = 0,305 \text{ м}^3 / \text{год}$ – 58 інтервалів, для $Q = 0,603 \text{ м}^3 / \text{год}$ – 111 інтервалів, для $Q = 0,887 \text{ м}^3 / \text{год}$ – 121 інтервал, для $Q = 1,014 \text{ м}^3 / \text{год}$ – 133 інтервали, що в результаті дозволяє спростити програмну реалізацію функцій опрацювання. Мінімальна продуктивність 19,1920 мс між імпульсних інтервалів, що складає 1,7 Гц для найменшої витрати.

Робочі екрани демонстраційного програмного забезпечення реалізованого мовою C++ подано на рисунку 6.

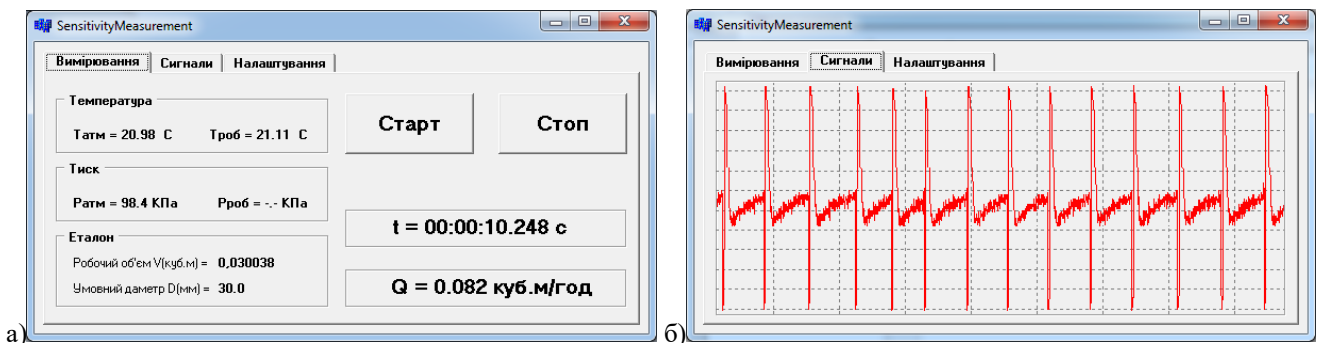


Рис. 6. Робочі екрани програмного забезпечення: а) проведені вимірювання; б) отримані сигнали
 Figure 6. Software working screens: a) measurements made; b) received signals

Висновки. Отримані результати свідчать про перспективність подальшого дослідження запропонованого методу і реалізації перетворювачів на його основі. Потрібно відзначити, що конструктивна простота, габаритні розміри, мала відносна невизначеність, а також висока швидкість формування вимірювальних даних, що особливо актуально для діапазону низьких витрат, дозволяють ефективно задіювати перетворювачі такого типу в якості допоміжних джерел вимірювальної інформації спеціалізованих систем контролю та вимірювання параметрів газових середовищ. Розроблені функції не потребують значних ресурсів, саме тому можуть бути інтегровані в будь-яку систему. Слід зазначити, що запропонований інформаційно-вимірювальний канал може використовуватися як самостійно, так і в складі автоматизованих систем контролю.

Література

1. Кремлевский П.П. Расходомеры и счетчики количества веществ: Справочник: Кн. 2 / Под общ. ред. Е. А. Шорникова. – 5-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Политехника, 2004. – 412 с.: ил.
2. Пістун Є. П., Лесовой Л. В. Нормування витратомірів змінного перепаду тиску. – Львів: Видавництво ЗАТ «Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв», 2006. – 576 с. ISBN 966-553-541-2.
3. Патент на винахід №97780 «Спосіб вимірювання витрати за переміщенням сферичної мітки вимірюваним середовищем». Мельничук С.І., Мазурик І.З., Яковин С.В.
4. Цюцюра В. Д. Метрологія та основи вимірювань. Навч. посіб./ В.Д. Цюцюра, С.В. Цюцюра- К.: Знання-Прес, 2003. -180с. - (Вища освіта ХХІ століття). — ISBN 966-7767-39-6
5. WM-034B Datasheet(PDF) 1 Page - Panasonic Semiconductor. Електронний ресурс. Режим доступу: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/106212/PANASONIC/WM-034B.html>
6. ДСТУ-Н РМГ 43:2006 Метрологія. Застосування “Руководства по выражению неопределенности измерений” (РМГ 43:2001, IDT).
7. Мельничук С.І. Використання Гаусового інтеграла помилок при оцінюванні метрологічних характеристик перетворювачів інформаційно-вимірювальних систем. / С.І. Мельничук, І.З. Мануляк. /Науковий вісник Національного гірничого університету. – №5 (137) 2013. с. 112-119.

References

- [1] P. Kremlevskiy. *Raskhodometry y schetchyky kolychestva veshchestv*: Spravochnyk. Book 2. SPb.: Polytechnic Un., 2004.
- [2] Ye. Pistun, L. Lesovoi, *Normalization of flowmeters of variable pressure drop*. Lviv, Ukraine: Publ. House CJSC "Institute for Energy Accounting and Audit", 2006.
- [3] S. Melnychuk, I. Mazuryk, S. Yakovyn, “Sposib vymiriuvannia vytraty za peremishchenniam sferychnoi mitky vymiriuvanym sere dovyyshchem”. Pat. 97780 UA, Jan.27, 2002.
- [4] V. Tsiutsiura, S. Tsiutsiura. *Metrology and measurement basics*. Kyiv, Ukraine: Znannia-Pres, 2003.
- [5] WM-034B Datasheet, Panasonic Semiconductor. [On-line]. Available: <http://pdf1.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/106212/PANASONIC/WM-034B.html>. Acc. Oct.17, 2018.
- [6] DSTU-N RMH 43:2006. Metrolohiiia. Zastosuvannia “Rukovodstv j po vyrazheniiu neopre delennosti yzmerenyi” (RMH 43:2001, IDT).
- [7] S. Melnychuk, I. Manuliak, “Vykorystannia Hausovoho intehrala pomylok pry otsiniuvannia metrolohichnykh kharakterystyk peretvoriuvachiv informatsiino-vymiriuvalnykh system”, *Sc. Bull. Nat. Mining Un.*, no.5 (137), p.112-119, 2013.