

СЕКЦІЯ 8
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ. ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ.
ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ

УДК 681.125

АНАЛІЗ СТАНУ ПРИЛАДОВОГО ОБЛІКУ КІЛЬКОСТІ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

¹⁾Матіко Ф. Д., ¹⁾Слабик О. М., ²⁾Гутник М. Б.

¹⁾Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна;

²⁾Інститут енергоаудиту та обліку енергоносіїв, Львів, Україна

E-mail: fmatiko@gmail.com

Теплову енергію широко використовують в промисловості та житлово-комунальному господарстві України. Основними причинами неефективного використання теплової енергії (ТЕ) є незадовільний технічний стан об'єктів генерації, транспортування і споживання ТЕ; недосконалість нормативного забезпечення приладового обліку ТЕ.

Налагодження точного обліку ТЕ є необхідним для ефективного та економного використання ТЕ, а також для виявлення недоліків теплогенеруючих об'єктів і теплових мереж та їх усунення.

В загальному випадку на джерелі теплопостачання кількість ТЕ визначають із врахуванням усіх трубопроводів, якими транспортується теплоносіє:

$$W = \sum_{i=1}^a \int_{t_0}^{t_k} Q_{1i} h_{1i} dt - \sum_{j=1}^b \int_{t_0}^{t_k} Q_{2j} h_{2j} dt - \sum_{p=1}^m \int_{t_0}^{t_k} Q_{np} h_{XBp} dt, \quad (1)$$

де a – кількість подавальних трубопроводів; b – кількість зворотних трубопроводів; m – кількість підживлювальних трубопроводів; Q_{1i} – масова витрата теплоносія у кожному подавальному трубопроводі; Q_{2j} – масова витрата теплоносія у кожному зворотному трубопроводі; Q_{np} – масова витрата теплоносія у кожному p -му підживлювальному трубопроводі.

У споживачів структура системи обліку ТЕ, а також рівняння визначення кількості ТЕ залежать від виду системи теплопостачання.

Авторами здійснено аналіз нормативних джерел, які визначають основні технічні, організаційні і процедурні вимоги до здійснення обліку ТЕ та теплоносія на джерелах теплопостачання і у споживачів теплової енергії та встановлено, що в Україні немає затвердженої у встановленому порядку методики визначення кількості ТЕ; у жодному з відомих нормативних документів немає методики оцінювання похибки (невизначеності результату вимірювання) кількості ТЕ, а також не відтворені особливості структури систем вимірювання кількості ТЕ, у яких застосовані витратоміри на основі стандартних звужувальних пристроїв; у відомих документах не враховано всі особливості структури систем теплопостачання споживачів, тому необхідним є подальший аналіз схем теплопостачання споживачів та уточнення рівнянь для

обчислення кількості ТЕ в таких системах, а також розроблення методики оцінювання невизначеності вимірюваного значення кількості ТЕ.

Ключові слова: теплова енергія, вимірювання кількості, нормативне забезпечення, структура системи, точність вимірювання.

УДК 536.531

ПРАКТИЧНЕ КАЛІБРУВАННЯ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА ТЕМПЕРАТУРИ ЗА МТШ-90

Лежосєв Р. С.

КНУ ім. Т. Г. Шевченко, Київ, Україна

E-mail: rostleg@gmail.com

Облік споживання теплової енергії, а також контроль технологічних процесів в агровиробництві все частіше вимагає вимірювати температуру з точністю, що перевищує максимальну для термометрів опору класу АА [1]. Необхідно вимірювати, автоматично дистанційно реєструвати і регулювати абсолютну і диференціальну температуру з похибкою, що не перевищує 0.05 і 0.02 градуси. Цього можна досягти завдяки індивідуальному калібруванню платинових термометрів опору [2]. Однак, стандартна процедура індивідуального калібрування у реперних точках виявляється надзвичайно громіздкою та трудомісткою.

Необхідна оптимізація обчислювальної частини процесу калібрування, відмова від фізичної реалізації реперних точок, а також повна автоматизація процедури.

Обчислювальну частину вдалося спростити, оскільки діапазон вимірювання типових перетворювачів менше, ніж $-200...+850^{\circ}\text{C}$, і становить, наприклад, тільки $0...170^{\circ}\text{C}$ або $-55...+80^{\circ}\text{C}$. Це дозволило скоротити ступінь апроксимаційних поліномів (прямих і зворотних) з 12 до 3 або 2, зберігши похибку апроксимації в межах $\pm 0.001^{\circ}\text{C}$ для кожного діапазону. Крім цього, основне обчислювальне навантаження калібрування було перенесено з вимірювальних перетворювачів на комп'ютер калібрувального стенду.

Замість реперних точок використовувався зразковий платиновий термометр, а звірення показань здійснювалося в спеціальному сухоблочному термостаті на елементах Пельтьє з автоматичним управлінням за програмою калібрування.

Позитивний результат калібрування був досягнутий, зокрема, завдяки поетапній корекції поправок, розрахованих за додатковими коефіцієнтами МТШ-90 [2] при обчисленні температури, обліку відхилень температури в термостаті від стандартних реперних точок, а також, суттєвому скороченню бюджету невизначеності сухоблочного термостату завдяки застосуванню спеціальних теплопровідних і теплоізоляційних матеріалів.

Ключові слова: термометр, вимірювання, похибка, калібрування.

Література.

- [1] Термоперетворювачі опору з платини, міді та нікелю. Загальні технічні вимоги та методи випробування (ГОСТ 6651-2009, IDT): ДСТУ ГОСТ 6651:2014. – [Чинний від 2014-07-28]. – К.: Мінекономрозвитку України 2015. – 32 с. – (Національний стандарт України).
- [2] Термоперетворювачі опору з платини, міді та нікелю. Методика повірки: (ГОСТ 8.461-2009, IDT): ДСТУ ГОСТ 8.461:2014. – [Чинний від 2014-07-28]. – К.: Мінекономрозвитку України 2015. – 30 с. – (Національний стандарт України).

УДК 636.6

КВАЗІДИФЕРЕНЦІАЛЬНИЙ ПРИЙМАЧ ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Ковтун С. І., Воробйов Л. Й.

Інститут технічної теплофізики НАН України, Київ, Україна

E-mail: teplomer@ukr.net

Приймачі теплового випромінення застосовуються для визначення результуючого теплового випромінення різноманітних об'єктів, зокрема, при пожежних випробуваннях на вогнестійкість матеріалів та виробів, контролі теплового стану об'єктів енергетики тощо [1]. В основу роботи приладу покладено принцип перетворення поглинутої енергії інтегрального теплового випромінення в електричний сигнал, яке відбувається у вимірювальній комірці, що має вид моделі абсолютно чорного тіла. Приймальний вузол порожнинних приймачів теплового випромінення складається з діафрагми і теплового колектора, який оточено циліндричною чутливою теплотметричною оболонкою, що являє собою батарею послідовно з'єднаних термоелементів – перетворювачів теплового потоку [2].

Для зменшення впливу зовнішніх збурень на результат вимірювання відомим способом є застосування диференціальної схеми вимірювання. В цьому випадку прилад містить дві ідентичні комірки: одна є робочою, на чутливий елемент якої діє вхідна величина, інша – комірка-референт, яка не піддана вхідній дії, але перебуває в однакових умовах із робочою коміркою. Це призводить до значного збільшення габаритів приймача, що в багатьох випадках є неприйнятним.

Авторами запропоновано квазідиференціальний метод та приймач теплового випромінення, що дозволило при незначному збільшенні габаритних розмірів приладу реалізувати переваги диференціальної схеми вимірювань. Комірка-референт має той же діаметр, що і робоча, але її довжина менша у 4 рази, та її теплоємність також приблизно у 4 рази менша ніж теплоємність робочої комірки. Така конструкція дозволяє проводити вирівнювання амплітудно-частотних характеристик комірок за рахунок зовнішнього підсилювача з коефіцієнтом підсилення, що дорівнює відношенню статичних коефіцієнтів перетворення чутливих елементів. Результати експериментальних досліджень показали, що розроблений приймач теплового випромінювання дозволяє проводити вимірювання густини потоку теплового випромінення в

діапазоні значень $(10 \div 100)$ кВт/м² з розширеною невизначеністю $U_q = \pm 1,5\%$ при коефіцієнті охоплення $k = 2$, що дає підстави пропонувати його як засіб передавання одиниці вимірювання поверхневої густини теплового потоку.

Ключові слова: приймач теплового випромінення, передавання одиниці вимірювання, квазидиференціальна схема.

Література

- [1] В. П. Бабак, В. С. Берегун та ін. *Апаратно-програмне забезпечення моніторингу об'єктів генерування, транспортування та споживання теплової енергії*. Київ, Україна: Ін-т технічної теплофізики НАНУ, 2016.
- [2] Т. Г. Грищенко, Л. В. Декуша и др. *Теплометрия: теория, метрология, практика. Книга 1*. Киев, Україна: ИТТФ НАН Украины, 2017.

УДК 681.121

THE FUNCTIONING FEATURES OF TURBINE TYPE FLOW SENSORS WITH HYDRODYNAMIC BALANCING OF THE SENSITIVE ELEMENT

Anna Pisarets

Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Kyiv, Ukraine

E-mail: anna.v@ukr.net

Improvement of instruments metrological characteristics based on turbine flow sensors (TFS) is possible by sensitive element (SE) hydrodynamic balancing.

The most effective from the balancing methods is the profiling of the hydraulic channel measuring chamber elements [1]. This method makes it possible to relieve the supports of the SE and to create measuring means with high metrological characteristics with a variety of possible designs.

Profiling the hydraulic channel elements creates a non-uniformity of the static pressure distribution along the sensor axis.

The presence of the sensitive element axial displacement is a feature of TFS with the SE hydrodynamic balancing. The sensor operation is described by a differential equations system of the SE rotational and translational longitudinal motions [2].

In addition, the SE axial displacement causes a change in the average flow speed of the measured fluid. This is displayed on the values of the driving torque from the measured flow and the resistance moments to SE rotation.

The SE balancing state is characterized by the magnitude of the pressure decrease degree in front of it. This value is determined: from the condition that the resultant of all forces applied to the SE is equal to zero in a wide range of the sensor operating modes, and from the hydraulic calculation of the flow sensor design.

By equating these parameters, we obtain the axial displacement value

$$x=f(a_1, a_2, \dots, a_k, l_1, l_2, \dots, l_m), \quad (1)$$

where, $a_1, a_2, \dots, a_k$ – design parameters of the TFS measuring chamber; $l_1, l_2, \dots, l_m$ – hydrodynamic flow characteristics of the measured medium.

The equation (1) solution allows to estimate the value of SE axial displacement in a wide range of the fluid flow rate; and makes it possible to investigate the effect of the sensor design parameters and the flow physical properties on the SE axial displacement.

Mathematical modeling of axial type speed flow sensor with SE hydrodynamic balancing showed the following:

- the SE balancing state is characterized by the pressure drop magnitude in front of it;
- the boundary values of the pressure drop magnitude in front of the SE are the conditions of its balancing and determine the measuring range of TFS;
- the pressure drop magnitude before the SE is a functional of the flow sensor measuring chamber geometric parameters;
- the SE axial displacement value depends not only on the sensor measuring chamber individual design parameters, but also on their combination;
- with a fixed construction parameters combination of the TFS measuring chamber, the value of the SE axial displacement remains unchanged over a wide flow rates range; this, in turn, indicates the SE balancing state;
- the measured fluid physical properties do not affect the TFS SE axial displacement magnitude and its balancing state.

Keywords: turbine type flow rate transducer, sensitive element, hydrodynamic balancing, axial displacement.

Література

- [1] І. В. Коробко, А. В. Писарець, Методи компенсації силової дії на опори чутливих елементів турбінних перетворювачів витрати рідин, *Вісник НТУУ КПІ. Серія приладобудування*, Вип. 42, с. 5 – 13, 2011.
- [2] І. В. Коробко, А. В. Писарець, Турбинные преобразователи расхода с уравновешенным ротором, *Промышленная теплотехника*, № 4, с. 84 – 89, 2006.

УДК 658.26

ОРГАНІЗАЦІЯ ОБЛІКУ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СУБ'ЄКТІВ ВІДНОВЛЮВАЛЬНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Калінчик В. П., Прокопенко В. В., Кульбачний П. В., Філянін Д. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: ykalin@i.ua, progrek@gmail.com, orionk@ukr.net, daniel_f@rambler.ru

Автоматизована система комерційного обліку електроенергії (АСКОЕ) суб'єктів відновлювальної енергетики створюється з метою: 1) виконання вимог Інструкції про порядок комерційного обліку електричної енергії, щодо забезпечення комерційного обліку виробництва електроенергії учасниками оптового ринку електроенергії (ОРЕ); 2) виконання вимог нормативних документів, включаючи усі нормативно-технічні документи ДП „Енергоринок” та рішення Ради ОРЕ щодо обліку електричної енергії, виробленої електростанціями та блок станціями, у тому числі і щодо погодинного обліку

електроенергії на межі балансової належності; 3) зниження технологічних витрат електроенергії за рахунок підвищення точності обліку електричної енергії та одержання інформації; 4) забезпечення роботи усіх елементів АСКОВЕ в єдиному розрахунковому часі із збереженням встановлених правил переходу на "літній/зимовий" час; 5) одержання даних по обсягах перетоків активної і реактивної електроенергії та потужності суб'єктів відновлювальної енергетики з ОРЕ та суміжними ліцензіатами й балансу потужності та енергії в інтервалі, тривалість якого може змінюватися; 6) забезпечення регламентованого доступу до первинних баз даних лічильників електроенергії та інформації, що зберігається на сервері баз даних АСКОВЕ, - з боку зацікавлених суб'єктів ОРЕ; 7) забезпечення оперативного контролю режимів перетоків електроенергії, якості електроенергії; 8) забезпечення синхронності вимірювання потужності і електроенергії; 9) забезпечення формування значень параметрів комерційного обліку по об'єкту: «виробіток», «прийом», «віддача», «сальдо», «купівля» та «продаж», відповідно до Порядку перевірки даних, отриманих від АСКОВЕ суб'єктів ОРЕ.

Програмно-технічні засоби АСКОВЕ утворюють два рівня: а) нижній рівень АСКОВЕ, до якого відносяться рівень точок обліку електроенергії та рівень об'єктів обліку електроенергії; б) верхній рівень АСКОВЕ, до якого відносяться рівень центрального пункту АСКОВЕ та рівень автоматизованих робочих місць АСКОВЕ.

Кожен із рівнів ієрархії побудовано на основі уніфікованих програмно-технічних засобів, з орієнтацією на використання сучасного мікропроцесорного обладнання та обчислювальної техніки.

Ключові слова: автоматизована система комерційного обліку енергоресурсів (АСКОВЕ), інформаційно-вимірювальна система, якість електроенергії.

УДК 351.814.2;656.7.08/621.396.933.21

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИСТЕМ АКУСТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ибраимов И. К.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков, Украина

E-mail: ilveribraimov@gmail.com

В программном документе «Энергетическая стратегия Украины на период до 2030 г.» предполагается, что в нашей стране в 2030 г. должно вырабатываться не менее 30% всей электроэнергии от возобновляемых источников. Среди них, по оценке экспертов, ветроэнергетика занимает третье место после солнечной и энергии рек. Однако использование этого ресурса требует, во-первых, оценки потенциала конкретной местности, во-вторых, мониторинга в период работы ветроэнергетических установок. Для решения этих задач необходимы системы дистанционного неконтактного зондирования

приземного слоя тропосферы, которые могут длительное время работать в автономном режиме.

Системы дистанционного зондирования, основанные на использовании акустических волн (АВ), имеют существенные преимущества. Чувствительность АВ к изменениям параметров воздуха значительно выше, чем у любого другого вида излучения. Техническими средствами зондирования являются акустические лоаторы – содары (SODAR – SOnic Detection And Ranging). Согласно современным представлениям отраженный сигнал содаров формируется флуктуациями температуры. Это позволяет по доплеровскому сдвигу частоты принятого сигнала определить скорость движения среды в направлении луча. Трехлучевым наклонным зондированием определяются все компоненты средней скорости потока. Высоты зондирования достигают 0,5...1 км. Конструкции современных содаров устойчивы к климатическим воздействиям, имеют автономные системы питания, это, как правило, солнечные батареи, средства связи. Они имеют сравнительно малые размеры – умещаются в кузове небольшого автомобиля. В таком варианте содары являются оптимальным средством для решения задач ветроэнергетики.

Однако высокая чувствительность АВ, к таким параметрам, к которым нечувствительны, например, электромагнитные волны, приводит к тому, что обратная задача акустического зондирования (АЗ) становится некорректной. Детальный анализ литературных источников показывает то же самое: основные проблемы метода состоят в несовершенстве процесса выделения информации из принятого сигнала. Поэтому первоочередными задачами развития АЗ атмосферы является теоретическая разработка и поиск новых методик зондирования с целью увеличения количества извлекаемой информации.

Ключевые слова: ветроэнергетика, акустическое зондирование, акустические лоаторы.

УДК621.313

DETERMINATION OF THERMAL IMPULSE OF INDUSTRIAL DISTRICT BY TOTAL POWER 115 MVA

Jasim J. M. J., Alkafaji M. S. S.

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Baghdad, Iraq

E-mail: techna.oge@gmail.com, muhmedsaah@gmail.com

For the choice of device by thermal firmness (solid) to the short circuit will define a thermal impulse that influences on a switch at Short Circuit (S.C.) by formula: $B_{\kappa} = I_{no}^2 \cdot (t_d + T_a)$, where t_d – is time of disconnecting network; T_a – is time constant of circuit of S.C., in circuits of devices with voltage more than 1000 V with prevailing inductive resistance $T_a = 0,05$ s. Time of disconnecting of S.C., which is need for estimation of thermal firmness of devices, is rates: $t_d = t_{cd} + t_{ard}$, where t_{cd} – is time of complete disconnecting of network by a switch – is interval of time from

issuing the command for disconnecting to the moment of fading of arc in all poles; t_{ard} – time of action of main relay defense, it is possible to accept.

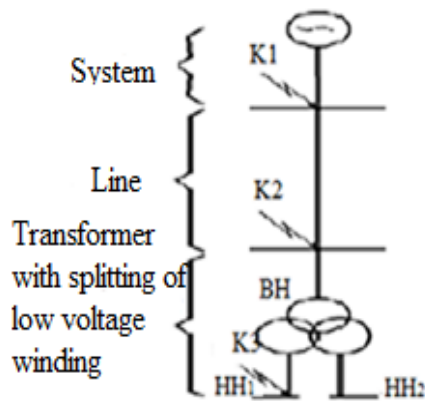


Fig. 1

Time of disconnecting of S.C. also depends from degrees of selectivity, so for lines which depart, on a side of 10 kV this time is 0,5s is (point of K3 as shown in figure 1), for sectional, and main switch on a side of 10 kV time is equal 1s (point of K2), on a side of 110 kV time is equal 1,5s (point K3). Taking into account actual characteristics of switches we will get, that time of disconnecting of S.C. is in the range.

Thermal impulse at S.C. in the point of K1 (for $t_d=1,5s$) kA^2s ,

$$B_{K1} = I_{нок1}^2 \cdot (t_d + T_a) = 2.28^2 \cdot (1.5 + 0.01) = 7.84.$$

Thermal impulse at S.C. in the point of K2 (for $t_d = 1,0 s$), kA^2s ,
 $B_{K2} = I_{нок2}^2 \cdot (t_d + T_a) = 7.49^2 \cdot (1.0 + 0.02) = 57.2$. Thermal firmness of current transformer $I_{1n} \cdot k_T$ is compared to the thermal impulse B_k . $(I_{1n} \cdot k_T)^2 \cdot t_T \geq B_k$ where I_{1n} – is rating primary current of current transformer; k_T – is coefficient of thermal firmness; t_T – duration of flowing current of short circuit; B_k – thermal impulse. Value I_{1n} , t_T are passports information of current transformer. Where B_k – is thermal impulse of current of short circuit according to the calculation; $B_K = 7.84 kA^2s$, $I_{np.\tau}$ – is maximal current of thermal firmness; t_τ – duration of flowing of this current.

In this part of determination all thermal elements of power supply rating about 115 MW have been passing the calculation so we can make the correct choice to get thermal parts devices that the system need to set with the current transformer and the short circuit.

Keywords: thermal impulse; current transformer; short circuit in high voltage.

УДК621.313

CHOICE OF CURRENT TRANSFORMER IN SUBSTATIONS STARTING REVIEW

Duhis A. H. D., Al-waisawy Sara S. and AL-ajili Haider K.

Al-Furat Al-Awsat Technical University, Baghdad, Iraq

E-mail: ah.hu.khf@gmail.com, sarasatar70@yahoo.com, haider.k.latif@gmail.com

The current transformer is intended for diminishing of primary current to the values which are the most comfortable for measuring devices and relays (5 A, rarer 1 or 2,5 A), and also for separation circuits of management and defense from the primary circuits of high voltage. The current transformers, used in device distributor (DD), carry out the role of bushing insulator (TPL, TPOL) simultaneously. In

complete DD the base-bushing (rod) current transformers are used – TLM, TPLK, TZLM, and buses – TSHL. In DD 35 kV and higher used built-in, depending on type of DD and its voltages.

The calculation of current transformers on substation, in essence, is taken to verification of current transformer, which is supplied completely with chosen cell. Consequently, brand of current transformer depends from chosen cell. For the chosen type of cell KM–1 we adopt transformers of type TOL-10, TSHL-10.

In DD low voltage (LV) substation is follow to choose (check) current transformers with cells of the following types: input, sectional lines which depart, and also in cells of transformer of own necessities.

In addition, current transformers choose:

- 1) by voltage $U_{c.ном} \leq U_n$, at $U_{c.ном} = 10$ kV;
- 2) by current (primary and second) $I_{max} \leq I_{1н} \quad I_{расч2} \leq I_{2н}$.

Thus, we should be aware, that the rating second current 1A is used for DD 500 kV and powerful DD 330 kV, in other cases apply the second current 5A. Rating primary current must be as possible nearer to the calculation current of set, because under loading of primary winding of transformer led to the increase of errors.

The calculations currents of cells rates by expressions (at choice) of similar switches. Check the chosen transformer of current for dynamic and thermal firmness to the currents of short circuit. In addition the current transformers pick up by the class of exactness, which must answer the class of exactness of devices, which are connected to the second circuit of measuring current transformer. That is for the current transformer which should provide the prescribed accuracy of measuring, power of the connected devices to it must not be higher than rating second loading, which is indicated in the passport of current transformer.

Keywords: High Voltage Current Transformer; Measurement device; thermal firmness.

УДК 621.311.001.57(063)

ЗАСОБИ ДІАГНОСТУВАННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

Закладний О. О., Прокопенко В. В., Кульбачний П. В., Гребенюк Т. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: zakladniy@gmail.com, progrek@gmail.com, orionk@ukr.net,
t.hrebeniuk07@gmail.com

Доповідь присвячена підвищенню енергоефективності електромеханічних систем (ЕМС). Запропоноване рішення полягає в контролюванні у реальному часі енергоефективності ЕМС засобами функціонального діагностування, обслуговуванні за фактичним станом та безперервному захисті під час експлуатації. Математичний апарат діагностування поєднує методи аналізування миттєвих значень струмів і напруг двигуна, температури довікля

й дозволяє визначати енергетичний і технічний стан ЕМС та прогнозувати залишковий ресурс, з методом спектрально-струмового аналізу, що надає можливість завчасного виявлення механічних ушкоджень двигуна та пов'язаного з ним механізму. Створені програмно-апаратні засоби діагностування енергоефективності ЕМС – моделі, методики, алгоритми, програми та схемно-технічні рішення враховують дію експлуатаційних впливів – якості напруги живлення, режим навантаження і температуру довкілля.

Авторами запропоновано використовувати показники енергоефективності – ККД та коефіцієнт потужності для визначення енергетичного і технічного стану ЕМС з урахуванням режиму навантаження та якості напруги живлення. Визначення стану ЕМС здійснюється порівнянням фактичних параметрів з їх еталонними значеннями, тобто, шляхом аналізування та порівняння індикаторів енергоефективності з енергетичною базовою лінією. Відповідно до ISO 50001:2011 ця процедура є складовою енергоаналізу – визначення рівня енергоефективності на основі вимірюваних даних та довідкової (паспортної) інформації, що дозволить визначати можливості його підвищення. Алгоритм діагностування енергоефективності повністю відповідає процедурі енергоаналізу, яка записана у стандарті ISO 50001:2001.

Засоби діагностування енергоефективності дозволяють впровадити сучасні інформаційні smart-технології у систему енергетичного менеджменту підприємства та автоматизувати виконання таких складових стандарту ISO 50001:2011, як встановлення енергетичної базової лінії, індикаторів енергоефективності, здійснення моніторингу та необхідних вимірювань для визначення рівня енергоефективності, проведення енергоаналізу, енергопланування та формування технічних звітів тощо.

Коректність і працездатність розроблених моделей, методик, алгоритмів і програм підтверджено лабораторними експериментами і впровадженням.

Ключові слова: енергоефективність, електромеханічна система, контроль енергоефективності, система енергетичного менеджменту.

УДК 681.121

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ДАТЧИКІВ ТИСКУ ТА ТЕМПЕРАТУРИ

*Коробко І. В., Кротевіч В. В.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна
E-mail: i.korobko@kpi.ua*

Постановка задачі. Вітчизняні датчики температури і тиску на сьогодні мають такі основні метрологічні характеристики: похибки виміру температури $0,3^{\circ}\text{C} - 0,5^{\circ}\text{C}$, а абсолютного тиску – $0,75\% - 0,1\%$. Точність цих вимірювальних перетворювачів значною мірою окреслює загальну точність вузла комерційного обліку газу.

Зменшення величини реальної похибки датчиків температури до $0,05^{\circ}\text{C}$ і тиску до $0,025\%$ призведе до того, що ці похибки порівняно із похибками інших складових вузла комерційного обліку газу будуть неспіввимірними і ними фактично при визначенні загальної похибки вузла вимірювання можна знехтувати.

Підвищення точності вимірювання температури. Нині у переважній більшості вітчизняних перетворювачів температури чутливим елементом (ЧЕ) є платиновий або мідний сенсори термоопору. Вимірювання величини термоопору сенсора здійснюється аналоговим шляхом. Замінивши чутливий елемент (термоопір) на цифровий сенсор температури і провівши його термокалібрування у заводських умовах ми отримали датчик температури із величиною абсолютної похибки у межах $\pm 0,05^{\circ}\text{C} - 0,1^{\circ}\text{C}$.

Зменшення похибки датчика абсолютного тиску. Американські, японські і європейські датчики тиску, для зменшення залежності від температури навколишнього середовища, мають у своєму складі датчик температури. Використовуючи у датчику тиску, для калібрування, цифровий датчик температури, ми отримали високоточний вимірювальний перетворювач тиску. Цей датчик сертифіковано із величиною відносної похибки $\pm 0,025\%$. Реальне значення похибки такого датчика у 2 – 2,5 рази менше.

Таким чином, використовуючи у вузлах комерційного обліку газу датчики ПТ-Д та ПД-1 розроблені ТОВ “ДП Укргазтех”, можна створити реальні вузли обліку газу із високими метрологічними характеристиками.

Ключові слова: вимірювання, витрата, температура, тиск, газ, точність.

УДК 681.335 (088.8)

МЕТОДИ ЗМІНИ ОСНОВИ ЛОГАРИФМА ДЛЯ ПОКРАЩЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АНАЛОГО-ЦИФРОВИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

Мичуда Л. З.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: lesyamychuda@yahoo.com

Будь-яка сучасна інформаційно-вимірювальна система повинна містити перетворювачі аналогових сигналів про стан об'єкта у цифрову форму (АЦП), необхідну для опрацювання сигналів мікропроцесорною технікою. АЦП на комутованих конденсаторах вигідно вирізняються не тільки технологічністю виготовлення та малим споживанням, але і можливістю проводити одночасно з аналого-цифровим ще й функціональне перетворення (АЦФП). У розроблених нових перетворювачах цього типу для підвищення точності та швидкодії пропонується проводити перетворення із зміною основи логарифма. Можна реалізувати два способи зміни основи логарифма: зі зміною опорної напруги

або зі зміною співвідношення ємностей конденсаторів комірки АЦФП.

Проведеним моделюванням розроблених АЦФП встановлено: зміна основи логарифма зміною опорної напруги доцільна при відхиленнях вхідної напруги від початкового значення опорної напруги не більше 30%. Тоді достатньо перетворення лише на двох піддіапазонах і загальна кількість кроків не перевищуватиме 38 для досягнення похибки 0.005%. Однак, відхилення вхідної напруги від опорної на 50% збільшує кількість кроків до сотень. Перевагами методу є: 1) незмінність конденсаторної комірки; 2) вибір потрібної точності, оскільки висота кроку напруги відповідає отриманій похибці. Недоліками є: 1) непрогнозована наперед кількість кроків на окремих піддіапазонах і, відповідно, неможливість керувати швидкодією перетворення; 2) необхідність введення до структурної схеми комірки запам'ятовуючого елемента, який зберігатиме значення напруги на попереднім кроці, або джерела підзаряду конденсатора. Моделюванням встановлено, що метод зміни основи логарифма зміною співвідношень ємностей конденсаторів дозволяє отримати похибку меншу від 0.005% за 40 кроків (по 10 на кожному з 4 піддіапазонів) для будь-якого значення з усього діапазону перетворення. Перевагами такого методу є: 1) бажана швидкодія визначається користувачем наперед при заданні кількості кроків перетворення; 2) вибір точності виконується заданням кількості піддіапазонів. До недоліків методу можна віднести необхідність підключення декількох різних значень ємностей до конденсаторної комірки АЦФП для зміни основи логарифма, що не є складнішим у технічній реалізації, наприклад, від запам'ятовуючих комірок. Основним результатом роботи є розробка АЦФП, який дає можливість підвищити швидкодію без погіршення точності перетворення і вибрати ці обидва параметри перед проведенням перетворення.

Ключові слова: аналого-цифрові перетворювачі, комутовані конденсатори, зміна основи логарифма, точність, швидкодія.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВИТРАТОМІРІВ

Писарець А. В., Місяць А. С.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: anna.v@ukr.net, andrii.misiats@gmail.com

Характерною особливістю останніх років є стійке зростання вимог до раціонального споживання паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Тому питання точності вимірювання витрат ПЕР з різною динамікою плинущини є актуальним як для споживачів, так і для постачальників.

Для напівнатурних досліджень засобів вимірювання (ЗВ) витрати і кількості енергоносіїв використовують випробувальні витратовимірювальні установки (ВУ), більшість з яких призначені для отримання статичних метрологічних

характеристик. Для оцінки динамічних характеристик ЗВ застосовуються спеціальні ВУ, які дозволяють оцінити інерційність досліджуваного приладу.

Існує велика кількість схемних рішень динамічних витратовимірювальних установок, але їх структура практично однакова. Узагальнена автоматизована ВУ містить: пристрої відтворення витрати із різною динамікою її плин (напірні пристрої, система стабілізації витрати та засоби реєстрації витрати), генератор-задатчик динамічних змін витрати із блоком керування (виконавчий механізм), випробувальну магістраль із ділянкою для встановлення досліджуваного приладу, систему реєстрації часу, пристрої заправлення та збереження робочої рідини, реєстратор вимірювальної інформації, систему вимірювання параметрів змінної витрати.

Автоматизація динамічної ВУ реалізується на базі комп'ютера та мікроконтролера і передбачає підтримку таких режимів її роботи: моделювання одиничного імпульсу із регульованою тривалістю і значенням миттєвої витрати; моделювання серії імпульсів із різними частотою слідування і тривалістю імпульсів та пауз (скважністю).

При дослідженні характеристик ЗВ здійснюється синхронізація роботи пристроїв відтворення витрати і системи реєстрації вимірювальної інформації та її обробка відповідно до вимог нормативної документації.

Запропонована автоматизована ВУ дозволяє ефективно здійснювати дослідження динамічних характеристик ЗВ витрати рідиннофазних середовищ.

Ключові слова: витратовимірювальна установка, динамічна характеристика, імпульсна витрата.

УДК 621.121

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

¹⁾Корнєєв С. В., ¹⁾Наконечний Я. Б., ²⁾Щупак І. В.

¹⁾ПАТ "Укргазвидобування" філія УкрНДІгаз, Харків, Україна

²⁾ПАТ "Укргазвидобування", Київ, Україна

E-mail: igor.shchupak@ugv.com.ua

Відповідно до вимог МВУ 06-063:2011 «Метрологія. Природний газ. Методика виконання вимірювань компонентного складу із застосуванням хроматографів НР/АС 6890 та обчислення густини, теплоти згоряння та числа Воббе» максимальне значення відносної розширеної невизначеності обчислення фізико-хімічних показників (ФХП) газу за температури 20 °С та тиску 101,325 кПа при коефіцієнті охоплення $k = 2$ та довірчій імовірності $P = 0,95$ не перевищує: густина – 0,35 %; теплота згоряння (нижча та вища) – 0,4 %; число Воббе (вище) – 0,4 %.

Відповідно вимог МВУ 045-05-2011 «Метрологія. Природний газ. Методика виконання вимірювань компонентного складу із застосуванням хроматографів

Кристалл та обчислення густини, теплоти згоряння та числа Воббе» максимальне значення відносної розширеної невизначеності обчислення ФХП газу за температури 20 °С та тиску 101,325 кПа при коефіцієнті охоплення $k = 2$ та довірчій імовірності $P = 0,95$ не перевищує: густина – 0,3 %; теплота згоряння (нижча та вища) – 0,35 %; число Воббе (вище) – 0,4 %.

Невизначеність ФХП природного газу обчислюють згідно з ДСТУ ISO 6976.

Розширену абсолютну невизначеність об'ємної теплоти згоряння нижчої та вищої обчислюють за формулою

$$U(\tilde{H}) = \left\{ \sum_{i=2}^n [U_{abs}(x_i) \cdot (\bar{H}_i - \bar{H}_1)]^2 + \sum_{i=1}^n [U(H_i) \cdot x_i]^2 \right\}^{1/2} \times \frac{p_c}{R \cdot T_c},$$

де $U_{abs}(x_i)$ – абсолютна розширена невизначеність молярної частки i -го компоненту проби природного газу, % мол.; $\bar{H}_i$ – значення молярної теплоти згоряння (нижча або вища) i -го компоненту проби газу, кДж/моль; $\bar{H}_1$ – значення молярної теплоти згоряння метану (нижчої або вищої), кДж/моль; p_c – значення тиску за стандартних умов вимірювання, $p = 101,325$ кПа; R – універсальна газова стала, $R = 8,3145$ Дж·моль/К; T_c – значення температури за стандартних умов вимірювання, $T = 293,15$ К; $U(H_i)$ – абсолютна невизначеність табличного значення ідеальної теплоти згоряння i -го компонента (нижча або вища), розрахована за виразом

$$U(H_i) = \frac{U_{відн}(H_i) \times \bar{H}_i}{100},$$

де $U_{відн}(H_i)$ розширена відносна невизначеність для метану та етану складає 0,1 %, пропану – 0,2 %, для інших компонентів – 0,3 %.

Розширена абсолютна невизначеність густини (ρ) та відносної густини (d):

$$U(d) = \frac{U(M)}{M_{air}},$$
$$U(\rho) = \frac{U(M) \cdot p_c}{R \cdot T_c},$$

де $U(M)$ – оцінка невизначеності середньої молярної маси природного газу M , яку обчислюють за формулою:

$$U(M) = \left\{ \sum_{i=2}^n [U_{abs}(x_i) \cdot (M_i - M_1)]^2 \right\}^{1/2},$$

де M_{air} – молярна маса сухого повітря стандартного складу, кг/кмоль ($M_{air} = 28,9626$ кг/кмоль) згідно з ДСТУ ISO 6976; M_i – молярна маса i -го компонента природного газу, кг/кмоль; M_1 – молярна маса метану, кг/кмоль.

Розширена абсолютна невизначеність числа Воббе (W):

$$U(W) = W \left[\left(\frac{U(\tilde{H})}{\tilde{H}} \right)^2 + \left(\frac{U(d)}{2d} \right)^2 \right]^{1/2}.$$

При розрахунку оцінок невизначеностей не враховуються складові похибок, пов'язані з відбиранням та транспортуванням проб природного газу до лабораторії.

Як правило, на практиці, значення абсолютної розширеної невизначеності ФХП рідко перевищує 0,3%.

Ключові слова: газ, фізико-хімічні показники, вимірювання, невизначеність.

УДК 621.121

АКТУАЛЬНІСТЬ ОПТИМІЗАЦІЇ ПРИЛАДОВОГО ОБЛІКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Власюк Я. М.

Національна акціонерна компанія «Нафтогаз України», Київ, Україна

E-mail: YVlasyuk@naftogaz.com

Природний газ за багато десяти років його використання проявив себе як надзвичайно зручний та оптимальний енергоносіє. Саме актуальність розумного використання природного газу та достовірність його приладового обліку є насущним на сьогодні.

Відповідно до закону України «Про ринок природного газу» результати вимірювань вузла обліку природного газу (ВОГ) можуть бути використані за умови забезпечення єдності вимірювань. Згідно закону України «Про метрологію та метрологічну діяльність» єдність вимірювань – стан вимірювань, за якого їх результати виражаються в одиницях вимірювання, визначених цим Законом, а характеристики похибок або невизначеності вимірювань відомі із певною ймовірністю і не виходять за встановлені границі. Тобто похибка вимірювання для всіх ВОГ має бути відома, а не обов'язково однакова. Чим більше обліковується природного газу на ВОГ, тим менша має бути його похибка вимірювання. Це ж стосується і процедур організації приладового обліку.

Надзвичайна нерозумність (несмартовість) наступних дій: у коректорі із корекцією по температурі значення тиску вводять як умовно сталу величину (реальна зміна атмосферного тиску, і, відповідно, абсолютного тиску газу не перевищує $\pm 5\%$ (рис. 1)), а для визначення коефіцієнта стисливості природного газу вводять концентрацію CO_2 , N_2 та густину щотижня. При цьому зміна від 0 до 7% концентрації CO_2 та N_2 і зміна густини газу від 0,67 до 0,8 кг/м³ зумовлює зміну коефіцієнта стисливості природного газу на низькому тиску менше ніж на $\pm 0,05\%$.

На ВОГ III-V категорій (витрата газу 16-10 000 м³/год) з використанням лічильників газу, встановлених на газопроводах середнього та низького тиску (з абсолютним тиском менше 0,4 МПа), значення ФХП природного газу для розрахунку його коефіцієнта стисливості слід вводити до коректорів та обчислювачів об'єму газу як умовно сталі величини не рідше одного разу на

два роки (безпосередньо перед встановленням коректорів на ВОГ після повірки).

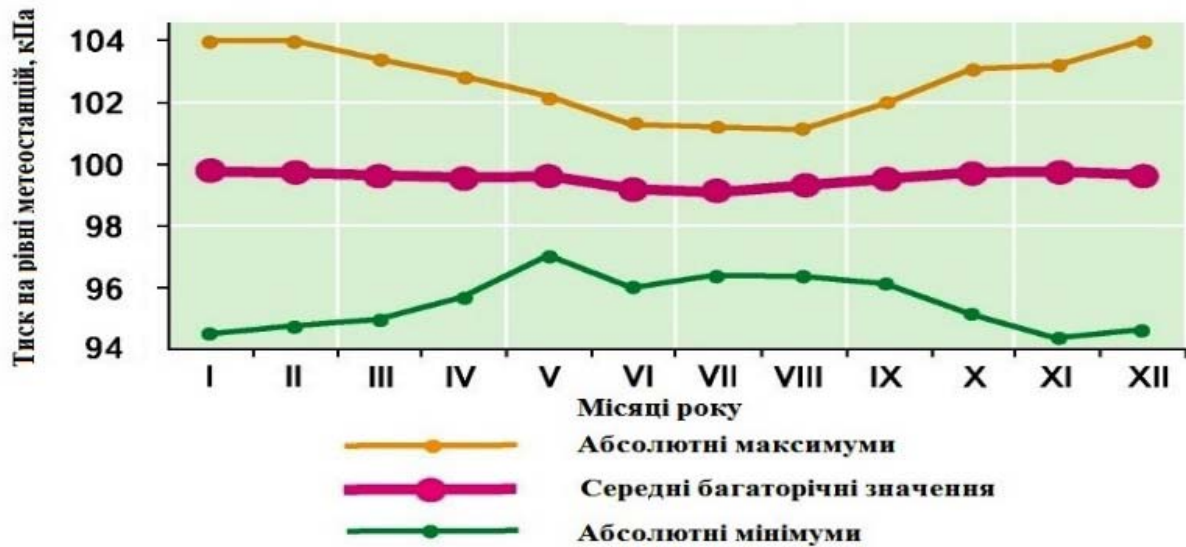


Рис. 1. Зміна атмосферного тиску (дані багаторічних досліджень)

Ключові слова: газ, витрата, вимірювання, точність, оптимізація.

УДК 681.121

ОЦІНКА ПЕВНОСТІ І НАДІЙНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ УЛЬТРАЗВУКОВОГО КЛАСУ

Коробко І. В.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: i.korobko@kpi.ua

За останнє десятиріччя найбільшого поширення для реєстрації плинних потоків рідини та газів набули вимірювальні перетворювачі витрати ультразвукового класу (ВПУК), на метрологічні характеристики яких значний вплив мають гідрогазодинамічні характеристики вимірюваного середовища.

Оцінювання впливу неоднорідності потоків на точність ВПУК, враховуючи складність та трудомісткість процесів натурних досліджень, проведено із використанням *CFD – технологій*, що дозволяє, із високою ймовірністю, визначити обопільний вплив потоків середовища і елементів конструкції ВПУК за поперечним перерізом і по його протяжності.

Чисельне моделювання впливу неоднорідностей потоку на точність класичного однохордового УЗ перетворювача проводилося для вимірювальної ділянки з гідравлічними опорами (ГО): конфузори, дифузори, раптові розширення та звуження; коліно з поворотом на кут $\pi/2$ рад, два коліна із поворотом на кут $\pi/2$ рад кожний в одній та різних площинах (просторові коліна), які є невід’ємною частиною будь-якої реальної системи.

При оцінці впливу неоднорідності потоку на метрологічні характеристики ВПВУК на вхідному перерізі модельної геометрії локального ГО було відтворено епюру швидкостей, яка відповідає розподілу, що утворюється при проходженні потоком відповідного опору на певній відстані від початкового перерізу. Такі профілі швидкостей із асиметрією отримані у результаті чисельного моделювання спотворень потоків, які викликані локальними ГО.

Як показали дослідження, найбільший вплив на метрологічні характеристики ВПВУК мають неоднорідності течій, що створюються ГО у вигляді просторових колін.

Отримані результати дають чітку картину місць локального розміщення приладів на технологічній мережі за умов максимальної точності і мінімальної дії на вимірюване середовище. Це надає можливість ефективно застосовувати ВПВУК, без огляду на забезпечення прямих ділянок до і після приладів, у місцях на технологічній мережі із врахуванням конкретних натурних умов організації вимірювання.

Результати оптимізаційних розрахунків елементів конструкції перетворювачів, здійснених на підґрунті створених математичних моделей, за розробленою методикою їх чисельного моделювання, визначають конкретні умови використання приладів, як за місцем їх локального розміщення, так і просторовою орієнтацією, що має велике значення для практики промислового застосування.

Ключові слова: вимірювання, прилади, точність, ультразвукові перетворювачі.

УДК 536.5

ПЕРЕВІРКА МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕРМОПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ДЛЯ ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ

Фединець В. О., Юсик Я. П., Васильківський І. С.

Національний університет «Львівська політехніка», Львів, Україна

E-mail: v.fedynets@ukr.net, yusik@ukr.net, vis@ukr.net

Під час експлуатації термоперетворювачів (ТП) для вимірювання температури газових потоків виникає необхідність в періодичній перевірці статичної характеристики для уточнення її відхилення в часі і вплив на неї експлуатаційних чинників.

Перевірку і градування доцільно здійснювати шляхом порівняння зі зразковими ТП або по фіксованих (реперних) точках. При всіх перевірках необхідно слідкувати за тим, щоб були виключені похибки вимірювання за рахунок підведення або відведення тепла.

Для перевірки ТП з температурним діапазоном до 1000⁰С на практиці більш поширеним є метод порівняння із зразковим ТП, який дає змогу

визначити значення похибки ТП, що перевіряється, в широкому діапазоні температур. Слід враховувати також, що для високотемпературних ТП перевірку доцільно здійснювати при температурах 100°C і вище, оскільки при невисоких температурах їх вихідний сигнал є незначним. Перевірку бажано проводити в кількох точках робочого діапазону, включаючи температуру верхнього значення для встановлення можливих нелінійних відхилень по діапазону, для встановлення похибок від зменшення електричного опору ізоляції і від можливої зміненої внутрішньої структури термоелектродів. Необхідно враховувати, що при високих температурах збільшується і похибка за рахунок тепловідведення через теплопровідність в ТП.

Перевірку по фіксованих (реперних) точках найпростіше проводити при температурі топлення льоду. Крім цього прийняті вимірювання в потрібній точці води, при температурі кипіння води, а також при температурах (точках) затвердіння металів – олова, цинку, срібла, золота та інших.

З двох розглянутих методів перевірки більш точним і надійним є метод по фіксованих (реперних) точках при умові хімічної чистоти компонента реперної точки. При цьому виключається похибка зразкового ТП. Перевірка за даним методом дає змогу визначити похибку ТП тільки при одному значенні температури і використовується в тих випадках, коли необхідно звести до мінімуму похибку перевірки.

В доповіді детально розглянуто умови перевірки ТП методом порівняння зі зразковими засобами. Проаналізовано складові похибки, що можуть виникати під час перевірки та обґрунтовано шляхи їх зменшення. Акцентовано на основних особливостях, які необхідно враховувати для мінімізації похибки в процесі перевірки.

Ключові слова: температура, термоперетворювач, газовий потік, метрологічна перевірка.

УДК 681.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПОБУТОВИХ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ НА ЇХ МЕТРОЛОГІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Лютенко Т. В., Середюк О. Є., Криницький О. С.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Івано-Франківськ, Україна

E-mail: feivt@nung.edu.ua

Дослідження закономірностей зміни метрологічних характеристик побутових лічильників газу (ПЛГ) під час їх експлуатації, насамперед похибки, є актуальною задачею оскільки стосується не тільки стабільності їх функціонування при обліку природного газу, але також може слугувати розробленню шляхів їх конструктивного вдосконалення.

В загальному дослідженню закономірностей зміни похибки ПЛГ в

експлуатаційних умовах за результатами їх періодичної перевірки присвячена публікація [1], яка вказує на суттєво відмінні закономірності зміни похибок при мінімальних і максимальних робочих витратах. Однак на зміну похибки ПЛГ також впливають умови їх експлуатації.

Метою дослідження є вивчення впливу інтенсивності функціонування ПЛГ на похибку за мінімальної робочої витрати.

Дослідження базувалися на статистичних результатах перевірки ПЛГ після завершення міжповірного терміну експлуатації, графічна ілюстрація яких подана на рис. 1. Результати аналізу сформовані від значень виміряного об'єму газу з інтервалом 20 тис. м³.

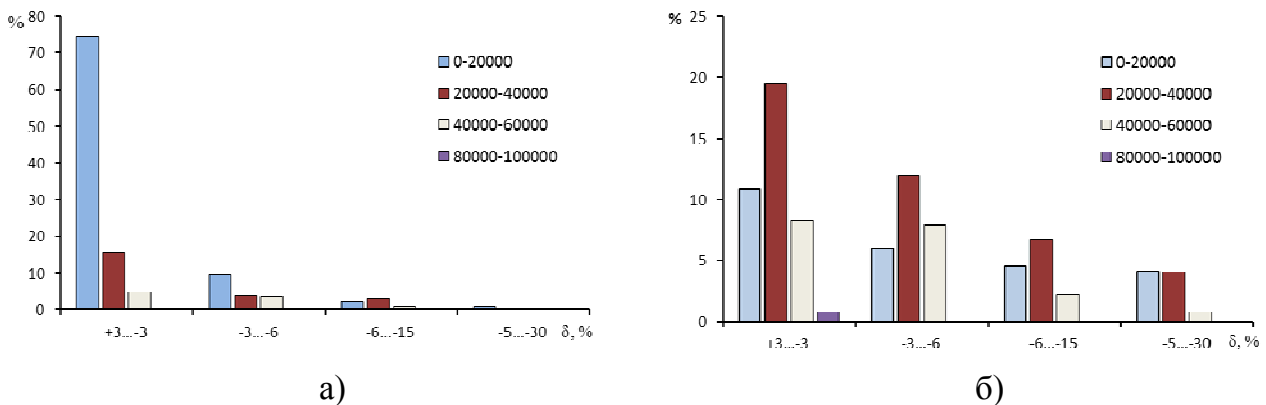


Рис. 1. Результати статистичних досліджень ПЛГ типорозмірів G4 (а) і G6 (б) моделі METRIX (Польща)

Висновки. Експериментально встановлено суттєвий вплив виміряного об'єму газу на кількість придатних лічильників, число яких зменшується із зростанням виміряного об'єму. При цьому цей вплив в більшій мірі визначальний для лічильників меншого типорозміру G4 порівняно із G6.

Ключові слова: побутовий лічильник газу, похибка, об'єм газу.

Література

- [1] O. Seredyuk, T. Liutenko, D. Seredyuk., Z. Warsza, “Badanie bledow pomiarowych gazomierzy membranowych po szesciu latach eksploatacji”, in *XXI Miedzynarodowe seminarium metrologow (MSM 2017)*, Rzeszow-Czerniowc – Gdansk, 2017, s. 65-68.

УДК 681.121

МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИМ МЕТОДОМ ОБСЯГІВ ПРОГНОЗНОГО ЩОДОБОВОГО ВИКОРИСТАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ СПОЖИВАЧЕМ ЗА НАЯВНОСТІ ВУЗЛА ОБЛІКУ ГАЗУ І ВІДСУТНОСТІ ЗАСОБІВ ДИСТАНЦІЙНОЇ ЩОДОБОВОЇ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ

Рябцева О. М.

Національна акціонерна компанія Нафтогаз України, Київ, Україна

E-mail: EGrechka@naftogaz.com

1. Загальні положення

1.1. Методика застосовується для визначення розрахунковим методом обсягів

прогнозного добового (на наступну добу) використання природного газу у звітному місяці споживачем за наявності вузла обліку газу (далі – ВОГ) і відсутності засобів дистанційної щодобової передачі даних (далі – ЗДПД), річний обсяг використання природного газу яких менше 10 тис.куб.м. Методика застосовується з метою проведення прогнозного добового балансування газу (на наступну добу) операторами ГРМ.

2. Порядок розрахунку операторами ГРМ обсягів прогнозного використання газу споживачами на наступну добу у звітному місяці

2.1. Загальний обсяг прогнозного добового використання газу на наступну добу у звітному місяці споживачами за наявності ВОГ, визначається:

$$Q = Q_{\text{факт}} + Q_{\text{розра}},$$

де: Q – загальний обсяг прогнозного добового використання газу на наступну добу у звітному місяці споживачами за наявності ВОГ; $Q_{\text{факт}}$ - фактичний обсяг використаного газу за попередню добу у звітному місяці споживачами відповідно до показів ВОГ, переданих ЗДПД; $Q_{\text{розра}}$ - розрахунковий обсяг використаного газу за добу у звітному місяці споживачами, у яких на ВОГ не встановлені ЗДПД, проведений розрахунковим методом.

2.2. Для визначення розрахункових обсягів використаного газу за попередню добу у звітному місяці Споживачам зі сталим використанням газу на протязі року (помісячна розбіжність $\pm 5\%$) за наявності газових приладів, крім опалювальних, та в міжопалювальний період за наявності опалювальних приладів: визначається індивідуальна середня добова норма використання газу для кожного із зазначених споживачів

$$q_{sk} = Q_{sk} / k ,$$

q_{sk} - індивідуальна добова середня норма використання газу s -им споживачем за попередній звітний місяць; Q_{sk} - обсяг використаного природного газу s -им споживачем за k днів в попередньому звітному місяці; k - кількість днів в попередньому звітному місяці (між останнім та попереднім зняттям показів ВОГ у s -ого споживача, на підставі яких складається акт приймання-передачі газу між споживачем та оператором ГРМ за попередній місяць).

2.3. Для визначення обсягів прогнозного добового використання газу споживачем на наступну добу у звітному місяці на опалення в опалювальний період за наявності опалювальних приладів залежно від зміни температури навколишнього середовища та перенесення її на решту споживачів:

2.3.1. Визначається контрольна група споживачів (біля 2,5% від загальної кількості споживачів), у яких ВОГ оснащені ЗДПД операторам ГРМ.

2.3.2. Контрольна група складається з кількох підгруп, до яких входять споживачі з однаковими газовими приладами на опалення.

2.3.3. На підставі отриманої інформації оператори ГРМ визначають середню добову норму використання газу на 1 кв. метр опалювальної площі одним споживачем по кожній із контрольних підгруп за попередню добу:

$$q_k = \left(\sum_{m=1}^i Q_m / \sum_{m=1}^i S_m \right),$$

q_k – середня добова норма використаного газу на 1 кв. метр опалювальної площі одним споживачем по кожній з контрольних підгруп за попередню добу (відповідно до інформації ЗДПД); Q_m – обсяг використаного газу m -им споживачем контрольної групи за попередню добу; S_m – кількість квадратних метрів опалювальної площі у m -ого споживача контрольної групи; i – кількість споживачів контрольної групи; k – номер контрольної підгрупи.

2.3.4. Розрахунок обсягів прогнозного використання газу на наступну добу у звітному місяці в опалювальний період на опалення споживачами, у яких на ВОГ не встановлені ЗДПД, по кожній групі споживачів з однаковими газовими приладами визначається:

$$Q_m = q_k i \sum_{m=1}^i S_m,$$

Q_m – прогнозний розрахунковий обсяг використаного газу m -тим споживачем k -ої групи на наступну добу звітного місяця; q_k – середня добова норма використаного газу на 1 кв. метр опалювальної площі одним споживачем по k -ій контрольній підгрупі за попередню добу (відповідно до інформації, переданої ЗДПД) у звітному місяці; S_m – кількість квадратних метрів опалювальної площі у m -ого споживача.

Ключові слова: природний газ, щодобовий облік, вузли обліку, методика.

УДК 681.121.83

МОДЕЛЮВАННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ ПРИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМУ ВИЗНАЧЕННІ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

Малісевич Н. М., Середюк О. Є.

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

Івано-Франківськ, Україна

E-mail: feivi@nuing.edu.ua

Останнім часом все більшої актуальності у сфері обліку природного газу набуває питання вимірювання і контролю якісних характеристик природного газу, насамперед його теплоти згорання. При цьому доцільно визначати цей параметр безпосередньо у споживачів природного газу. Тому на даний час потребує вдосконалення апаратурна реалізація експрес-вимірювання теплоти згорання природного газу.

За участю авторів запропонований новий спосіб для експрес-визначення теплоти згорання природного газу [1], який базується на вимірюванні температури його спалювання. Особливість способу полягає у визначенні експериментальним шляхом теплоти згорання не тільки сухого, але і вологого

газу. У зв'язку з цим актуальним є питання дослідження впливу вологи на кількісне визначення теплоти згорання газу, що є метою даної роботи.

На горіння природного газу впливає волога, яка міститься у ньому і поступає разом з ним на його спалювання.

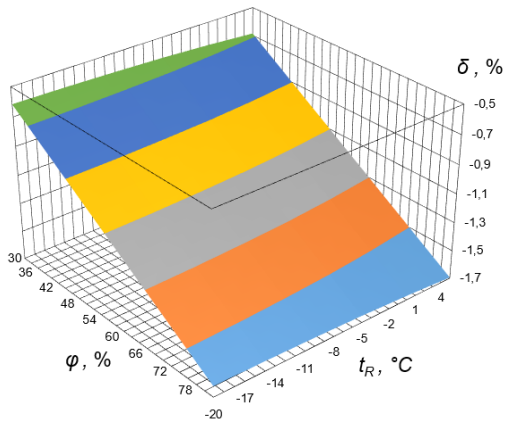


Рис. 1. Результати моделювання впливу вологи на визначення калорійності природного газу

Також на результати вимірювання буде впливати волога, яка міститься в повітрі, що використовується як окислювач для згорання газу. Тому для реальних умов функціонування пристрою за способом [1] необхідно математично дослідити можливий вплив вологи як супутнього негативного фактора при спалюванні газу.

При моделюванні розраховувалася відносна похибка δ визначення фактичної теплоти згорання $H_{R\phi}$ по відношенню до нижчої теплоти згорання H з врахуванням точки роси t_R спалюваного газу і відносної вологості навколишнього повітря (рис. 1).

Рисунок свідчить про практично лінійну закономірність зростання похибки від цих двох факторів. Вплив вологи повітря є набагато суттєвішим (до 1,7 %) порівняно з вологістю природного газу (не перевищує 0,1 %).

Ключові слова: природний газ, теплота згорання, вологість, похибка.

Література

- [1] О. Є. Середюк, Т. В. Лютенко, Н. М. Малісевич, “Спосіб експрес-визначення теплоти згорання природного газу” МПК (2006.01) G01N25/20. № 112737 С2, жовтень, 10, 2016.

УДК 681.121

ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПІДХОДІВ ДО ОЦІНКИ ВІДПОВІДНОСТІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В УКРАЇНІ

Рак А. М.

ДП «Укрметртестстандарт», Київ, Україна

E-mail: andriy.rak@ukrcsm.kiev.ua

Механізми ліквідації технічних бар'єрів у міжнародній торгівлі в першу чергу полягають у взаємному визнанні результатів оцінки відповідності продукції, що можливо досягти виключно шляхом гармонізації вітчизняної системи технічного регулювання. Укладання Україною Угоди про асоціацію з Європейським Союзом та її ратифікація передбачає поступову адаптацію українського законодавства до *acquis* ЄС.

Національна інфраструктура якості, що створена та функціонує в Європейському співтоваристві, на сьогодні є однією із найбільш ефективних моделей міжнародного співробітництва, що здатна сформувати єдиний

економічний простір, і, як наслідок, забезпечити вільне переміщення товарів на основі директив так званого «Нового підходу» до технічної гармонізації та «Глобального підходу» у сфері оцінки відповідності.

Аналізуючи європейський досвід застосування системи оцінки відповідності засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та продукції в цілому, доцільно виділити такі принципи, що сьогодні впроваджуються у вітчизняному законодавстві:

1. Оцінці відповідності ЗВТ підлягають на етапі їх надання на ринку та/або введення в експлуатацію.

2. Вимоги до характеристик ЗВТ та застосовні процедури оцінки відповідності містяться у технічних регламентах, що затверджені нормативно правовими актами.

3. Відповідальність за оцінку відповідності покладено на Виробника ЗВТ, який надає на ринку такі ЗВТ під власною торговою маркою. Будь-яка фізична чи юридична особа, що здійснює модифікацію наданих на ринку ЗВТ, вважається їх виробником та несе особисто виключну відповідальність за відповідність ЗВТ всім вимогам, що до них застосовуються.

4. Обов'язковій оцінці відповідності підлягають ЗВТ, що призначені до застосування у сфері законодавчо регульованої метрології, яка визначена Законом України «Про метрологію та метрологічну діяльність».

5. Оцінка відповідності ЗВТ, що експлуатуються поза сферою законодавчо регульованої метрології, проводиться на добровільних засадах.

6. Відповідність ЗВТ національним стандартам та технічним специфікаціям, або їх частинам, що затверджені нормативно правовими актами та оприлюднені в установленому порядку надає презумпцію відповідності суттєвим вимогам технічних регламентів.

На сьогодні в Україні затверджені три технічні регламенти, вимоги яких поширюються виключно на ЗВТ: щодо неавтоматичних зважувальних приладів; засобів вимірювальної техніки, законодавчо регульованих засобів вимірювальної техніки.

Ключові слова: технічний регламент, оцінка відповідності, засоби вимірювальної техніки.

УДК 621.121

ЗМЕНШЕННЯ ПОХИБКИ ТУРБІННОГО ВИТРАТОМІРА

Коробко І. В., Федоров В. М., Писарець А. В., Франків О. М.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: i.korobko@kpi.ua, fedorov_vn@online.ua

Одним із недоліків турбінних витратомірів є залежність моментів, прикладених до чутливого елемента (ЧЕ), від густини вимірюваного середовища.

Рівняння вимірювання для зазначених приладів за певного значення витрати (Q_0) має вигляд

$$Q_0 = Q_0(\omega), \quad (1)$$

де ω – кутова швидкість обертання ЧЕ, і дає результат, справедливий для кожного конкретного значення густини вимірюваного потоку. Відхилення значення густини рідини від прийнятого у рівнянні спричиняє похибку у визначенні об'ємної витрати. Отже рівняння (1) має містити величину густини, виміряну або обраховану додатково якимось чином на момент здійснення вимірювань.

Для запобігання виникненню такої похибки необхідно проаналізувати перехідний процес, тобто залежність кутової швидкості ЧЕ від часу після його короткотермінового гальмування, між початковим і номінальним значеннями швидкості [1]

$$\omega = \omega(t). \quad (2)$$

Отриману реальну залежність кутової швидкості обертання ЧЕ від часу відповідно до рівняння (2) необхідно порівняти із залежністю $\omega_{\text{мат}}(t)$, отриманою за математичною моделлю.

Для цього застосовується мінімізуючий функціонал

$$F(m, \beta) = \sum [\omega(t) - \omega_{\text{мат}}(t)]^2, \quad (3)$$

де m та β – параметри, які найкращим чином відповідають мінімуму розбіжності двох співставлених функцій, і являють собою функціонали геометричних характеристик конструкції вимірювальної камери турбінного витратоміра та фізичних властивостей потоку плинного середовища.

Розв'язання системи рівнянь [1] відносно невідомих густини (ρ) та витрати (Q_0) за значеннями величин m та β дозволяє отримати об'ємну витрату плинного середовища без похибки, зумовленої невизначеністю величини густини. Знайдений таким чином параметр ρ являє собою величину густини потоку на момент проведення вимірювань.

Ключові слова: густина, турбінний витратомір, похибка вимірювання, перехідний процес.

Література

- [1] В. М. Федоров, О. М. Франків, А. В. Писарець, І. В. Коробко, “Спосіб визначення витрати рідини турбінним витратоміром”, МПК (2018.01) G01F 7/00, G01F 1/11. № 123674, березень, 12, 2018.

УДК 621.6-52

ПОБУТОВІ ЛІЧИЛЬНИКИ ГАЗУ – ГОРН

Стеценко А. А., Недзельский С. Д., Павленко М. А.

Приватне акціонерне товариство «Енергооблік», Харків, Україна

E-mail: andrii.energo@gmail.com, nedzelskiy@energo.kh.ua, pavlenkom@energo.kh.ua

Лічильник газу ГОРН призначений для вимірювання об'єму природного газу або скрапленого вуглеводневого газу на об'єктах житлово-комунального

господарства і в побуті, з можливістю передачі інформації в централізовану систему обліку. Принцип дії лічильника заснований на термоанемометричному методі вимірювання витрати об'єму газу, що пройшов через лічильник.

Лічильники газу ГОРН відповідають вимогам національних стандартів: ДСТУ EN 14236:2016 (EN 14236:2007, IDT) – Лічильники газу ультразвукові побутової призначеності; ДСТУ OIML R 137-1-2:2014 – Лічильники газу. Частина 1. Метрологічні та технічні вимоги. Частина 2. Методи підтвердження метрологічних та технічних характеристик (OIML R 137-1-2, edition 2012 + OIML R 137-1-2-Amendment 2014, IDT) та Технічному регламенту засобів вимірювальної техніки, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 лютого 2016 р. № 163.

Основні технічні характеристики лічильників газу наведено у табл. 1.

Лічильники ГОРН забезпечують дистанційну передачу даних за допомогою технології передачі радіо сигналом з протоколом LoRaWAN™. Передача даних до централізованої системи обліку відбувається від індивідуальних приладів через концентратори, які розташовуються в радіусі до 500 метрів. Концентратори передають зібрану інформацію в інтернет-мережу будь-яким доступним способом, включаючи GPRS/GSM/3G/Ethernet.

Таблиця 1

№ з/п	Найменування параметра, одиниця виміру	G1,6	G2,5	G4	G6
1	Максимальна витрата газу $Q_{\max}$, м ³ /год	2,5	4,0	6,5	10,0
2	Перехідна витрата газу Q_t , м ³ /год	0,16	0,16	0,4	0,4
3	Мінімальна витрата газу $Q_{\min}$, м ³ /год	0,016	0,016	0,04	0,04
4	Порогова витрата газу $Q_{\text{пор}}$, м ³ /год	0,004	0,004	0,008	0,008
5	Втрата тиску при $P_{\max}$, Па, не більше	200			
6	Межі відносної похибки в діапазоні витрат від $Q_{\min}$ до Q_t , %, не більше	± 3,0			
7	Межі відносної похибки в діапазоні витрат від Q_t до $Q_{\max}$, %, не більше	± 1,5			
8	Максимальний надлишковий тиск газу, кПа	50			
9	Термін служби елемента живлення, не менше	10 років			
10	Ступінь захисту за ГОСТ 14254-96	IP67			
11	Габаритні розміри, мм, не більше	123 x 134 x 116			
12	Маса лічильника, кг:				
	- З нержавіючої сталі, не більше	1,5			
	- З армованого пластику, не більше	0.4			

Негайне сповіщення на сервер відбувається при аварійних ситуаціях, відхиленнях напруги живлення або в момент спроб доступу до архівів за допомогою IR-DA порту. Інформація надходить на сервер у зашифрованому вигляді підвищеної секретності і декодується там. Спотворення та злам інформації неможливі. Можливості системи піднімають на новий рівень зручність експлуатації приладу обліку, контроль витрати ресурсів на всіх рівнях.

Ключові слова: побутові лічильники газу; облік; передача даних.

УДК 681.121

ВРАХУВАННЯ ВІДМІННОСТЕЙ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ ПРИ КАЛІБРУВАННІ І ПРАКТИЧНОМУ ЗАСТОСУВАННІ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ

Коробко І. В., Пташніченко В. О., Синько Д. О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: i.korobko@kpi.ua, vladimir94@hotmail.com, dimkapwnz@gmail.com

Зростання вартості природного газу, його дефіцит окреслюють надважливі задачі підвищення точності його обліку і реєстрації. Враховуючи це, актуальними є питання калібрування і перевірки засобів комерційного обліку природного газу, які здійснюються на повірочних метрологічних установках.

На сьогоднішній день облік природного газу ведеться із використанням вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ), давачів температури і тиску, коректорів або обчислювачів. Перевірку, як правило, вони проходять за тиску близького до атмосферного із робочим середовищем – повітря, а застосовуються для обліку природного газу за зовсім інших умов і різних значень надлишкового тиску. Відмінність фізичних властивостей повітря і природного газу та умов калібрування і застосування приладів є основною причиною додаткової невизначеності результатів вимірювання об'єму та об'ємної витрати газу.

Існують декілька шляхів підвищення точності обліку природного газу. Одним із них є перевірка та калібрування ВПВ за тиску, на якому вони експлуатуються із врахуванням фізичних параметрів вимірюваного середовища.

Задачу перерахування градуовальної характеристики ВПВ при зміні фізичних властивостей вимірюваного середовища пропонується розв'язувати на підґрунті теорії подібності. Відповідно до π -теореми, критеріями, що окреслюють подібність у нашому випадку, можуть стати числа Ейлера, Рейнольдса, Прандтля, Струхалю, Лагранжа, Релея або їх комбінацій. Вказані критерій подібності є безрозмірними характеристичними числами, які складаються із заданих розмірних параметрів математичного опису середовища. Безрозмірні коефіцієнти (числа) відповідно характеризують відношення: число Ейлера – сил тиску до сил інерції; число Рейнольдса – сил в'язкості до сил інерції; число Прандтля – відношення теплофізичних властивостей газу до його теплопровідності; число Струхалю характеризує інерційні гідрогазодинамічні сили, які виникають за не стаціонарного руху газу; число Лагранжа – добуток числа Рейнольдса на Ейлера; число Релея – добуток чисел Рейнольдса та Прандтля. Мається на увазі, що за заданими характеристиками одного середовища можна отримати характеристики іншого шляхом врахування коефіцієнтів подібності. Використання запропонованого

рішення дозволяє встановити метрологічні характеристики ВПВ природного газу за результатами їх калібрування на робочому середовищі – повітря за атмосферного тиску. Отримані результати мають важливе значення при прогнозуванні із високою точністю метрологічних характеристик ВПВ для різних газових середовищ.

Ключові слова: перетворювачі витрати, газ, калібрування, повітря.

УДК 621.121

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ КОМПЛЕКСУ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ГАЗУ НА АСИМЕТРІЮ ПОТОКУ В ПЕРЕРІЗІ БАГАТОХОРДОВОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ВИТРАТОМІРА

Коробко І. В., Драчук О. О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

E-mail: i.korobko@kpi.ua, lesyaartemenko@gmail.com

Для підвищення метрологічних та надійнісних характеристик вимірювання витрати газу пропонується створити вимірювальний комплекс (рис.1), до складу якого входять: 1 – турбінний вимірювальний перетворювач витрати (ТВПВ), 2 – звуження, 3 – ультразвуковий вимірювальний перетворювач витрати (УЗВПВ), 4 – розширення, 5 – блок обробки інформації. Вимірювання тиску до та після звуження дає змогу реалізувати ще і вимірювання витрати методом змінного перепаду тиску (труба Вентурі).

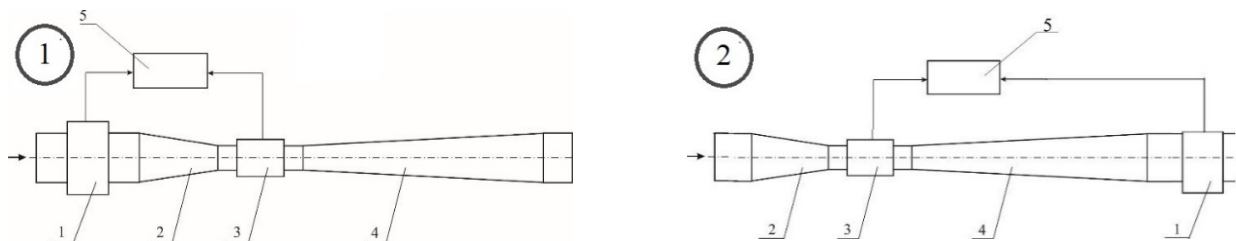
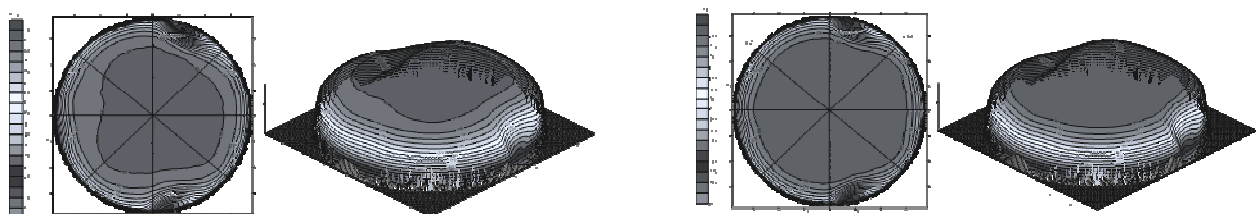
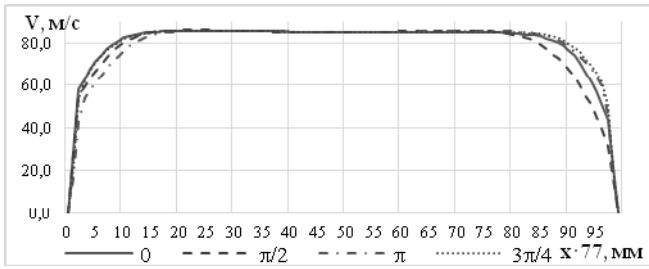
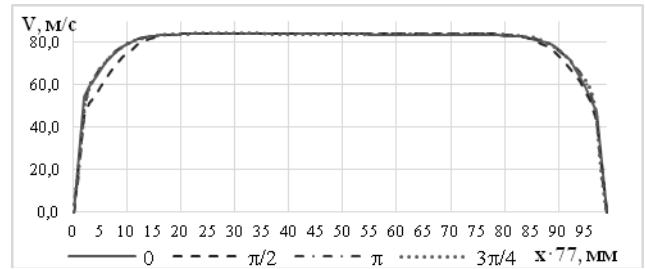


Рис. 1. Схеми побудови комплексу вимірювання витрати





а)



б)

Рис. 2. Профілі швидкостей в перерізі УЗВП: а – після ТВПВ; б – до ТВПВ

Для отримання раціональної конструкції вимірювального комплексу з точки зору метрологічних характеристик необхідно визначити місце взаємного розміщення ТВПВ та УЗВПВ.

Для аргументації доцільного місця розташування ТВПВ проводились віртуальні дослідження запропонованого комплексу за схемами 1 та 2 (рис. 1). Важливим параметром, який має значний вплив на метрологічні характеристики УЗВПВ, є рівномірність розподілу швидкості потоку в зоні акустичних каналів.

Як показали дослідження, симетричність потоку у зоні акустичних каналів, і відповідно точність, вищі при розміщенні ТВПВ після УЗВПВ (рис.2, б)

Ключові слова: комплекс вимірювання, витратометрія, профіль швидкості.