

УДК 621.6-52

А.А. Стеценко, В.Л. Сорокопут, С.Д. Недзельский

*Частное акционерное общество «Энергоучет», Харьков*

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕТРОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СЧЕТЧИКОВ ГАЗА ГУВР-011

*В условиях повсеместного внедрения в области метрологии термина «неопределенность» актуальным становится разработка и практическое использование новой нормативной документации, основанной на этом понятии. С учетом этого, представляет интерес сравнение результатов обработки измерений расхода газа, выполненный по методике поверки, использующей понятие «погрешность», и методике расчета неопределенности измерений.*

**Ключевые слова:** *ультразвуковые счетчики газа, относительная погрешность измерения, калибровка, поверка, неопределенность измерения, методика поверки.*

### Введение

**Постановка проблемы.** В современной мировой практике метрологии происходят существенные изменения, связанные с введением термина «неопределенность» для оценки достоверности результатов измерений и средств измерений. Несмотря на это, в Украине при проведении большого разнообразия видов метрологических работ используется понятие «погрешность». Инерция использования погрешности в течение многих десятилетий для оценки достоверности результатов измерений обуславливает недопустимо медленное внедрение неопределенности в метрологическую практику нашей страны. Следует констатировать, что использование неопределенности в качестве оценки достоверности результатов измерений в настоящее время в метрологических органах зарубежных стран и международных метрологических организациях используется значительно более широко, чем в Украине. Более того, зарубежные фирмы, выпускающие средства измерений, активно переходят на их нормирование с использова-

нием неопределенности. Задержка внедрения неопределенности в украинскую метрологическую практику чревато различными подходами в нашей стране и за рубежом к оценке средств измерений и результатов измерений со всеми вытекающими последствиями. Эти последствия могут привести к нарушению единого подхода к должному пониманию и правильному использованию широкого спектра результатов измерений в науке, технике, торговле, промышленности и регулирующих актах. В эпоху глобального рынка для обеспечения единства измерений в широком масштабе необходимо, чтобы методы оценки и выражение неопределенности были едиными, с тем, чтобы измерения, проводимые в разных странах, были сопоставимы по единым правилам.

В настоящее время оценка метрологических характеристик счетчиков газа ультразвуковых ГУВР-011, производимых предприятием «Энергоучет», осуществляется в соответствии с методикой поверки на данные средства измерительной техники по критерию максимально допустимой относительной погрешности измерения объема газа.

Стремясь к расширению сферы внедрения и рынка сбыта своих приборов, предприятие задалось целью перехода от методов оценки результатов измерений с использованием понятия «погрешность» к методам, базирующимся на выражениях неопределенности.

**Целью** проведенных исследований является сравнение результатов обработки измерений объема газа различными методами с дальнейшим выводом о соответствии метрологических характеристик счетчиков газа ГУВР-011 в свете новых требований использования понятия «неопределенности».

### Основной материал

В качестве исходных были использованы два метода обработки результатов измерений объема газа, реализованные в следующих нормативных документах:

1. Методика поверки (калибровки) «Счетчики газа ультразвуковые ГУВР-011» МПУ 24487975.01:2011, разработанная ННЦ «Институт метрологии», г. Харьков.

2. Рекомендация Р Газпром 5.13-2010 «Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода газа в ОАО «Газпром» (г. Москва).

В соответствии с Методикой поверки МПУ [1] контроль основной относительной погрешности счетчика при измерении объема газа осуществляется на поверочной установке методом непосредственного сличения прошедшего через него контрольного объема воздуха  $V_0'$ , с объемом воздуха  $V_{и}'$ , измеренным поверяемым счетчиком.

Относительная погрешность измерения объема  $\delta V$  счетчика в процентах вычисляется по по формуле:

$$\delta V_i = 100 \cdot [(V_{и}'/V_0') \cdot (P_{и}'/P_0') \cdot (T_0'/T_{и}') - 1], \quad (1)$$

где  $P_0'$ ,  $P_{и}'$  – абсолютное давление воздуха на входе установки (или в ней) и в поверяемом счетчике, соответственно, кПа;

$T_0'$ ,  $T_{и}'$  – температура воздуха на входе установки (или в ней) и на входе поверяемого счетчика, соответственно, К.

За относительную погрешность измерения объема газа счётчиком принимается максимальное значение из полученных результатов измерений и вычислений. Результат контроля считается положительным, если максимальное значение относительной погрешности счетчика  $\delta V'$ , вычисленное по формуле (1), не превышает пределов допускаемых значений, установленных для данного типа счетчика (для счетчиков коммерческого учета газа эта величина не должна превышать 1%).

Описанный метод достаточно прост и широко распространен в оценке метрологических характеристик счетчиков газа, расходомеров жидкости и других СИТ. Но у него есть недостатки.

Во-первых, он неустойчив к аномальным измерениям и дестабилизирующим факторам. Иными словами, если в процессе поверки по субъективным причинам (ошибка оператора, резкое изменение параметров окружающей среды и т.п.) в выборке появится хотя бы одно измерение с погрешностью, превышающей допустимую, прибор должен быть забракован.

Во-вторых, в данном методе используется критерий максимально допустимой погрешности.

В соответствии с Рекомендацией Р Газпром 5.13-2010 [2] определение метрологических характеристик ультразвукового преобразователя расхода (УЗПР) проводят в следующей последовательности:

устанавливают необходимое значение расхода через УЗПР;

при заданном значении расхода осуществляют регистрацию следующих параметров:

– значение объемного расхода поверочной среды при рабочих условиях по показаниям поверяемого УЗПР и рабочего эталона поверочной установки (ПУ);

– абсолютное давление поверочной среды рабочего эталона ПУ;

– перепад давления поверочной среды между рабочим эталоном ПУ и поверяемым УЗПР;

– температура поверочной среды рабочего эталона ПУ и поверяемого УЗПР;

– время измерения;

– объем газа, заданный или измеренный ПУ.

Рассчитывают относительную погрешность измерения по формулам:

если объем  $V_э$  приводился к условиям измерений УЗПР

$$E = \frac{V - V_э^*}{V_э^*} \cdot 100\%, \quad (2)$$

или, если объем  $V$  приводился к условиям измерений рабочего эталона ПУ

$$E = \frac{V^* - V_э}{V_э} \cdot 100\%. \quad (3)$$

Отсчет показаний проводят не менее 5 раз.

Вычисляют среднее значение относительной погрешности измерения по формуле

$$\bar{E} = \frac{\sum_{j=1}^n E_j}{n}, \quad (4)$$

где  $E_j$  – значение относительной погрешности измерения при  $j$  измерении;

$n$  – число измерений.

Вычисляют относительную расширенную неопределенность типа А в погрешности УЗПР по формуле

Таблица 1

Результаты метрологических испытаний  
счетчика газа ГУВР-011

<b>Калибровка</b>									
<b>Протокол №201</b>									
Q	%	Qср	%ср	СКО	Расш.неопр.	Неопр.пов.	Верх.гран.	Низ.гран.	Общ.погрешн.
654,73	0,04	648,37	-0,08	0,103	0,287	0,415	0,493	-0,337	0,493
647,28	-0,11	459,96	-0,02	0,024	0,067	0,307	0,331	-0,283	0,331
646,50	-0,08	253,00	-0,12	0,076	0,212	0,368	0,492	-0,244	0,492
646,77	-0,23	160,92	-0,11	0,046	0,129	0,327	0,437	-0,217	0,437
646,58	-0,01	65,49	-0,12	0,061	0,170	0,345	0,461	-0,229	0,461
458,01	-0,01	33,04	-0,14	0,146	0,406	0,505	0,649	-0,361	0,649
460,10	-0,05	20,14	-0,19	0,146	0,406	0,505	0,695	-0,315	0,695
460,79	-0,04	9,69	-0,01	0,041	0,114	0,321	0,329	-0,313	0,329
461,73	0,01	4,56	-0,07	0,043	0,120	0,323	0,391	-0,255	0,391
460,00	-0,03								
252,64	-0,14								
253,08	-0,04								
253,15	-0,06								
253,45	-0,15								
252,68	-0,23								
160,78	-0,11								
161,02	-0,10								
160,92	-0,05								
160,76	-0,11								
161,10	-0,18								
65,49	-0,12								
65,45	-0,11								
65,51	-0,10								
65,53	-0,04								
65,45	-0,21								
33,03	-0,27								
33,13	-0,13								
33,08	0,08								
32,99	-0,12								
32,95	-0,28								
20,19	0,03								
20,21	-0,11								
20,12	-0,28								
20,12	-0,28								
20,06	-0,31								
9,70	-0,07								
9,69	-0,03								
9,64	0,02								
9,71	0,02								
9,73	0,02								
4,57	-0,02								
4,55	-0,07								
4,55	-0,10								
4,56	-0,03								
4,56	-0,12								

  

**Погрешность по протоколу**

м³/час

**СКО**

м³/час

  

**Неопределенность поверки**

м³/час

$$U' = \kappa \sqrt{\sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2 / (n-1)}, \quad (5)$$

где  $\kappa$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 95% и степени свободы  $\nu = n - 1$ .

Рассчитывают неопределенность поверки УЗПР при установленном значении расхода по формуле

$$U'_{\text{пов}} = \sqrt{U'_3{}^2 + U'^2}, \quad (6)$$

где  $U'_3$  – расширенная относительная неопределенность или относительная погрешность ПУ.

Вышеперечисленные операции проводят для всех значений расхода, указанных в методике поверки УЗПР. Результаты измерений параметров и расчетов, выполненных в соответствии с требованиями перечислений, оформляют в виде таблицы.

Далее проводят анализ результатов измерений и расчетов. Если при всех расходах значение  $(|\bar{E}| + U'_{\text{пов}})$  не превышает предела допускаемой относительной погрешности ( $\delta_{\text{вп}}$ ), то УЗПР считается прошедшим поверку. Если имеется значение расхода, при котором значение  $(|\bar{E}| - U'_{\text{пов}})$  превышает предел допускаемой погрешности ( $\delta_{\text{вп}}$ ), то УЗПР считается не прошедшим поверку. Если имеются значения расхода, при которых выполняется условие

$$|\bar{E}| - U'_{\text{пов}} < \delta_{\text{вп}} < |\bar{E}| + U'_{\text{пов}}, \quad (7)$$

то путем интерполяции данных рассчитывают вероятность ошибочного признания годным любого в действительности дефектного экземпляра СИ ( $P_{\text{вп}}$ ).

Таким образом, согласно Рекомендации Р Газпром 5.13 – 2010, критерием оценки соответствия счетчиков требуемым метрологическим характеристикам является неопределенность поверки, включающая в себя относительную расширенную неопределенность УЗПР (счетчика) и расширенную относи-

тельную неопределенность поверочной установки.

В соответствии с вышеописанными методами были проведены метрологические испытания счетчика газа ГУВР-011. На калибровочном стенде АПУ-Г-011/2500 предприятия «Энергоучет». После проведения операций калибровки и поверки, измерения были обработаны в соответствии с Методикой поверки и Рекомендации Р Газпром. Результаты приведены в табл. 1.

## Выводы

Анализ результатов испытаний показал следующее:

- методы оценки метрологических характеристик счетчиков газа, основанные на определении погрешности измерений и неопределенности измерений являются идентичными и адекватными;
- при определении неопределенности измерений к счетчикам предъявляются более жесткие требования к их точностным характеристикам;
- характеристики счетчиков газа ГУВР-011 соответствуют современным требованиям и критериям оценки метрологических характеристик.

## Список литературы

1. Методика поверки (калибровки) «Счетчики газа ультразвуковые ГУВР-011» МПУ 24487975.01:2011, ННЦ «Институт метрологии».
2. Рекомендация Р Газпром 5.13-2010 «Организация и порядок проведения поверки и калибровки ультразвуковых преобразователей расхода газа в ОАО «Газпром». – М.
3. Стеценко А.А. Результаты испытаний ультразвуковых счетчиков газов ГУВР-011 на соответствие требованиям международного стандарта ISO/FDIS 17089-1:2009(E) // Мат-лы научн.-пр. семинара. – X., 2011.

Поступила в редколлегию 8.02.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю.П. Мачезин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

## ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МЕТРОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ ГУВР

А.А. Стеценко, В.Л. Сорокопут, С.Д. Недзельський

*В умовах суцільного впровадження в області метрології терміну “невизначеність” актуальним стає розробка та практичне використання нової нормативної документації, заснованої на цьому розумінні. З урахуванням цього викликає інтерес порівняння результатів обробки вимірювань витрати газу, виконаної за методикою повірки, що використовує поняття “похибка”, а також, за методикою розрахунку невизначеності вимірювань.*

**Ключові слова:** ультразвукові лічильники газу, відносна похибка вимірювання, калібровка, повірка, невизначеність вимірювання, методика повірки.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF METHODS FOR METROLOGICAL CHARACTERISTICS DEFINITION OF GAS FLOWMETERS GUVR-011

A.A. Stetsenko, V.L. Sorokoput, S.D. Nedzelskiy

*In conditions of all-round introduction of the term “uncertainty” into the metrology branch, the development and practical use of the new regulations based on this concept become urgent. Considering this, the interest is arousing about the comparison of results for measuring processing of gas flow rate, implemented according to the analysis technique using the concept “uncertainty” and design procedure of the metrology uncertainty.*

**Keywords:** Ultrasonic gas meters, measurement relative error, calibration, verification, metrology uncertainty, analysis technique.