

# ЗВІРЕННЯ ЕТАЛОНІВ ОДИНИЦІ ВИТРАТИ РІДИНИ ЯК ДІЄВА МІРА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЄДНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ОБЛІКУ РЕСУРСІВ В СИСТЕМАХ ТЕПЛО- І ВОДОПОСТАЧАННЯ

О.О. Зайцева<sup>1</sup>, С.В. Чередниченко<sup>1</sup>, О.Б. Ісхакова<sup>1</sup>, І.А. Гришанова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ», вул. Метрологічна, 4, м. Київ, Україна, [ezaytseva@ukrcsm.kiev.ua](mailto:ezaytseva@ukrcsm.kiev.ua)

<sup>2</sup>ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД», вул. Кулібіна, 3, м. Київ, Україна, [info@sempal.com](mailto:info@sempal.com)

## Анотація

Рациональне використання ресурсів в системах тепло- та водопостачання та інших галузях неможливе без достовірних результатів вимірювань споживання рідин. Достовірність результатів вимірювань підтверджується їх простежуваністю до національних еталонів. Для забезпечення простежуваності еталонів витрати, які не можуть бути підключені до національного еталона безпосередньо необхідно проводити звірення за допомогою еталону порівняння. Розглянуто основні результати міжлабораторних звірень еталонів витрати рідини. Звірення, пілотною лабораторією яких було ДП «Укрметртестстандарт», проведені за участю ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД», м. Київ. Метою проекту було проведення звірень в галузі вимірювань витрати рідини між калібрувальними лабораторіями лічильників води. За результатами звірень встановлено: значимі відхилення реальних параметрів від заданих в інструкції відсутні; по узгодженому діапазону звірень для витрати від 13 м<sup>3</sup>/г до 350 м<sup>3</sup>/г всі результати установок узгоджуються; ступінь еквівалентності “Лабораторія до ОЗЗ” та “Лабораторія до лабораторії”  $E_i \leq 1$ , лабораторії добре узгоджуються; всі результати повністю задовільні із ступенем еквівалентності менше, ніж 1.

**Ключові слова:** облік ресурсів; єдність вимірювань; звірення еталонів.

## Вступ

Основним завданням створення еталонної бази в галузі вимірювань витрати рідини є забезпечення єдності вимірювань, підвищення точності та достовірності вимірювання при здійсненні обліку споживання ресурсів в системах тепло- та водопостачання [1], паливно-енергетичному комплексі [2], а також для забезпечення технологічних процесів в харчовій промисловості, хімічній промисловості та цілому ряді інших галузей народного господарства. Підвищення точності вимірювань витрати теплоносія сприяє заощадженню теплових ресурсів [3].

Рациональне використання ресурсів неможливе без достовірних результатів вимірювань.

Достовірність результатів вимірювань підтверджується їх простежуваністю до національних еталонів [4]. Особливістю еталонів витрати є те, що робочі еталони не можуть бути підключені до національного еталона безпосередньо. Тому для забезпечення простежуваності необхідно проводити звірення еталонів за допомогою еталона порівняння [5].

Парк засобів вимірювань витрати рідини постійно зростає і відповідно збільшується кількість еталонів одиниці витрати. У зв'язку з цим проводиться велика кількість звірень еталонів на міждержавному та регіональному рівнях [6, 7], проводяться дослідження джерел невизначеності вимірювань витрати рідини на еталонах [8].

## Мета статті

Метою проекту було проведення звірень еталонів в галузі вимірювань витрати рідини між калібрувальними лабораторіями лічильників води ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» та ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД». Пілотною лабораторією виступало ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ».

## Виклад основного матеріалу

У звірнях брали участь такі еталони:

— від ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»:

1) Державний первинний еталон одиниць об'єму, маси, об'ємної та масової витрати гарячої води ДЕГУ 03-05-11;

2) установка проливна PREMATEST PT 100;

— від ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД» установка проливна АС-050-В/0.03...15,0-С0,3/0,3...45,0



Рис. 1. Загальний вигляд ДЕГУ 03-05-11



Рис. 2. Загальний вигляд АС-050-В/0.03...15,0-С0,3/0,3...45,0

Метрологічні характеристики еталонів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

Метрологічні характеристики еталонів

Назва еталона	Q, м <sup>3</sup> /г	U, %	T, °C
ДЕТУ 03-05-11	0,0025 - 160	0,08	30 - 90
PREMATEST PT 100	0,004 - 180	0,05	До 30
АС-050-В/0.03...15,0-С0,3/0,3...45,0	0,03 - 45	0,3	До 30

У якості еталона порівняння для проведення звірень застосовувався електромагнітний витратомір Promag 53Н з такими метрологічними характеристиками:

- діапазон витрати від 10 до 38 м<sup>3</sup>/г;
- границі допустимої відносної похибки ±0,3 %.

Звірення проводились шляхом проведення калібрування еталону порівняння на кожному еталоні, що звірювався.

Калібрування проводилось окремо на гарячій та холодній воді при номінальних значеннях витрати 13 м<sup>3</sup>/г, 25 м<sup>3</sup>/г, 35 м<sup>3</sup>/г.

Результати вимірювань оброблялись таким чином.

Відхил показів еталона порівняння  $e$  визначається як середнє значення відхилів отриманих при окремих повторюваних дослідях для певної витрати обчислених за формулою:

$$e_i = \frac{V_{EПi} - V_{Ei}}{V_{Ei}} \cdot 100. \quad (1)$$

де  $V_{EПi}$ ,  $V_{Ei}$  — об'єм, виміряний еталонном порівняння та еталонном, що звіряється, відповідно, м<sup>3</sup>.

Розрахунок розширеної невизначеності вимірювань  $U(e)$  учасниками здійснювався відповідно до настанови [9]. Бюджет невизначеності розроблявся кожним учасником. До складових невизначеності вимірювань учасникам пропонувалось віднести щонайменше таке:

— невизначеність зумовлена статистичним розподілом значень величини, отриманих з серії вимірювань

— невизначеність вимірювань зумовлена еталонном, що брав участь у звірнях;

— невизначеність вимірювань зумовлена зовнішніми умовами.

Учасники могли також включати до бюджету специфічні саме для них складові невизначеності вимірювань.

Опорне значення звірень (ОЗЗ)  $e_{OЗ}$  обчислюється як середній зважений відхил:

$$e_{OЗ} = \frac{\frac{e_1}{u_{e1}^2} + \frac{e_2}{u_{e2}^2}}{\frac{1}{u_{e1}^2} + \frac{1}{u_{e2}^2}}. \quad (2)$$

де  $u_{e1}$ ,  $u_{e2}$  — стандартна невизначеність вимірювань еталонном порівняння та еталонном, що звіряється, відповідно, %.

Стандартна невизначеність опорного значення  $u_{eOЗ}$  визначається по формулі:

$$\frac{1}{u_{eOЗ}^2} = \frac{1}{u_{e1}^2} + \frac{1}{u_{e2}^2}. \quad (3)$$

Розширена невизначеність опорного значення  $U_{eOЗ}$ :

$$U_{eOЗ} = 2 \cdot u_{eOЗ}. \quad (4)$$

Для перевірки узгодженості отриманих даних застосовано критерій  $\chi^2$ , при цьому застосовується значення відхилу еталонів, що звірюються, при кожній витраті.

Результати вимірювань та розрахунків наведено в таблицях 2, 3.

Таблиця 2

Підсумкові дані звірень, гаряча вода

Еталон	Позначення показника	Значення показника для витрати, м <sup>3</sup> /г		
		13	25	35
ДЕТУ 03-05-11	e (%)	0,12	0,16	0,15
	U(e) (%)	0,06	0,05	0,06
АС-050-В/0.03...15,0-С0,3/0,3...45,0	e (%)	0,03	0,03	-0,15
	U(e) (%)	0,30	0,30	0,30
ОЗЗ*	e (%)	0,11	0,15	0,14
	U(e) (%)	0,06	0,05	0,03

\*) Опорне значення звірень

Таблиця 3

Підсумкові дані звірень, холодна вода

Еталон	Позначення показника	Значення показника для витрати, м <sup>3</sup> /г		
		13	25	35
PREMATEST PT 100	e (%)	0,12	0,16	0,15
	U(e) (%)	0,06	0,05	0,06
АС-050-В/0.03...15,0-С0,3/0,3...45,0	e (%)	0,03	0,03	-0,15
	U(e) (%)	0,30	0,30	0,30
ОЗЗ*	e (%)	0,11	0,15	0,14
	U(e) (%)	0,06	0,05	0,03

\*) Опорне значення звірень

Результати досліджень в графічному виді наведені на рисунках 1, 2.

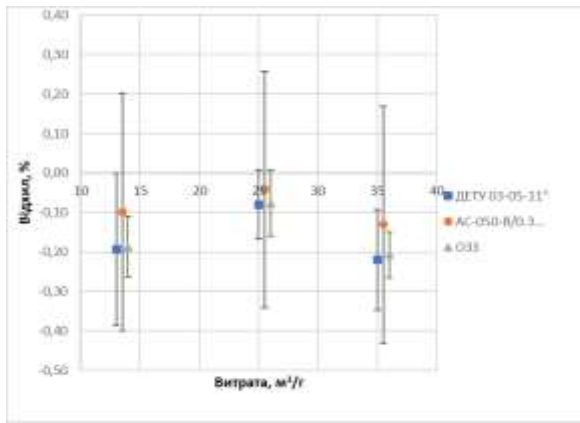


Рис. 1. Результати звірень, гаряча вода

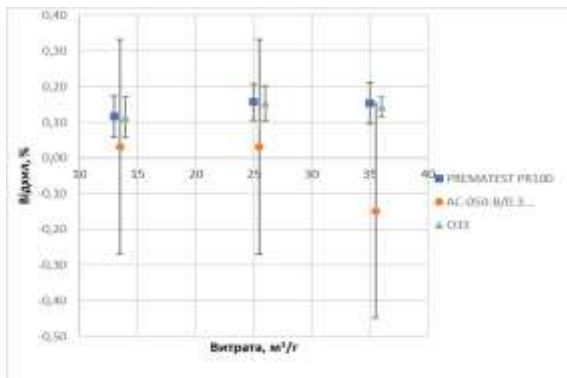


Рис. 2. Результати звірень, холодна вода

Після того, як ОЗЗ визначено, різниця між лабораторіями-учасницями і ОЗЗ та різниця лабораторій-учасниць між собою розраховується по формулах:

$$d_{O3i} = e_i - e_{O3} \quad (5)$$

$$d_{12} = e_1 - e_2 \quad (6)$$

Ступінь еквівалентності розраховується по формулах:

$$E_{O3i} = \left| \frac{d_{O3i}}{2u(d_{O3i})} \right|; \quad (7)$$

$$E_{12} = \left| \frac{d_{12}}{2u(d_{12})} \right|, \quad (8)$$

де

$$u(d_{O3i})^2 = u_{ei}^2 + u_{eO3}^2; \quad (9)$$

$$u(d_{12})^2 = u_{e1}^2 + u_{e2}^2, \quad (10)$$

Результати розрахунків наведено в таблицях 4, 5. Ступінь еквівалентності є мірою для еквівалентності результатів лабораторії з ОЗЗ та лабораторій між собою. Якщо  $E_i \leq 1$ , то лабораторія добре узгоджується.

Таблиця 4

Ступінь еквівалентності лабораторії до ОЗЗ

Лабораторія	Ступінь еквівалентності для витрати, м³/г		
	13	25	35
ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ», гаряча вода	0,06	0,02	0,10
ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» холодна вода	0,04	0,05	0,17
ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД», гаряча вода	0,28	0,11	0,25
ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД» холодна вода	0,27	0,40	0,97

Таблиця 5

Ступінь еквівалентності лабораторія до лабораторії

Витрата, м³/г	Лабораторія	Лабораторія	ТОВ Фірма «Семпал КО ЛТД»	
			Гаряча вода	Гаряча вода
13	ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»	Гаряча вода		0,30
		Холодна вода	0,28	
25	ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»	Гаряча вода	0,12	
		Холодна вода		0,41
35	ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ»	Гаряча вода	0,27	
		Холодна вода		0,99

## Висновки.

Проведені міжлабораторні звірення показали, що ступінь еквівалентності «Лабораторія до ОЗЗ» та

«Лабораторія до лабораторії»  $E_i \leq 1$ . По узгодженому діапазону витрати від 13 м³/г до 35 м³/г всі результати лабораторій добре узгоджуються.

## Abstract

Rational use of resources in heat and water supply systems and other industries is impossible without reliable measurement results of fluid consumption. The reliability of the measurement results is confirmed by their traceability to national standards. To en-

sure the traceability of flow standards, which cannot be directly connected to the national standard, it is necessary to carry out a comparison using a transfer standard. The main results of interlaboratory comparisons of fluid flow standards are considered. Comparisons, the pilot laboratory of which was State Enterprise "UKRMETRTESTSTANDART", carried out with the participation of Firm "Sempal CO LTD", Kiev. The aim of the project was to carry out comparisons in the field of flow measurements between water meter calibration laboratories. Based on the results of comparisons, it was established: there are no significant deviations of the real parameters from those specified in the instructions; according to the agreed range of comparisons for flow rates from 13 m<sup>3</sup>/h to 350 m<sup>3</sup>/h, all the results of the installations are in good agreement; degree of equivalence "Laboratory to CRV" and "Laboratory to laboratory"  $E_i \leq 1$ , laboratories are in good agreement; all results are completely satisfactory with a degree of equivalence less than 1.

**Key words:** resource accounting; unity of measurements; comparison of standards.

#### Анотация

Рациональное использование ресурсов в системах тепло- и водоснабжения и других отраслях невозможно без достоверных результатов измерений потребления жидкостей. Достоверность результатов измерений подтверждается их прослеживаемость до национальных стандартов. Для обеспечения прослеживаемости эталонов расхода, которые не могут быть подключены к национальному эталону непосредственно, необходимо проводить сличение с помощью эталона сравнения. Рассмотрены основные результаты межлабораторных сличений эталонов расхода жидкости. Сличения, пилотной лабораторией которых был ГП «Укрметртрестстандарт», проведенны с участием ООО Фирма «Семпал КО ЛТД», г. Киев. Целью проекта было проведение сличений в области измерений расхода жидкости между калибровочными лабораториями счетчиков воды. По результатам сличений установлено: значимые отклонения реальных параметров от заданных в инструкции отсутствуют; по согласованному диапазону сличений для расхода от 13 м<sup>3</sup>/ч до 350 м<sup>3</sup>/ч все результаты установок согласуются; степень эквивалентности "Лаборатория к ОЗС" и "Лаборатория к лаборатории"  $E_i \leq 1$ , лаборатории хорошо согласуются; все результаты полностью удовлетворительные со степенью эквивалентности менее 1.

**Ключевые слова:** учет ресурсов; единство измерений; сличение эталонов.

#### Список літератури

1. Кузьменко Ю.В. Стан забезпечення єдності вимірювань у галузі обліку холодної та гарячої води. Результати державної метрологічної атестації повірочних проливних установок / Проблеми обліку теплоти та води в Україні: Матер. VII міжнар. наук.-практ. конф., 15-16 черв. [2010 р.]/ Уклад.: В.І. Карташев, О.Б. Ісхакова.–К.: ТОВ "АВЕГА", 2010.-160 с.: іл. –укр., рос. – с. 3-9
2. Кузьменко Ю.В., Зайцева Е. А. Обеспечение единства измерений количества нефти и нефтепродуктов в Украине / Метрология и измерительная техника (Метрология–2012): Матер. VIII междунар. Научн.-технич. Конф., 9-11 окт. [2012 г.] – Харьков: ННЦ «Институт метрологии», 2012.– 640с.:ил. – укр., рус. – с. 506-509
3. Кузьменко Ю., Зайцева О., Ісхакова О. Облік енергоресурсів — основа енергоощадження. *Метрологія та прилади*. 2008. № 4. С 67-68.
4. Кузьменко Ю.В., Зайцева Е.А. К вопросу о прослеживаемости поверочных установок в области расходомерии до национального первичного эталона // *Український метрологічний журнал*. – 2012. –№3. – С. 50-54
5. Кузьменко Ю.В., Лукаш О.А. Исследование метрологических характеристик объёмных счётчиков воды и их применение в качестве эталонов передачи / Проблеми обліку теплоти та води в Україні: Матер. VI міжнар. наук.-практ. конф., 16-19 черв. [2008 р.]/ Уклад.: В.І. Карташев, О.Б. Ісхакова.–К.: ТОВ "АВЕГА", 2008.-224 с., с. 152-155
6. Raner Engel, Bodo Mickan Aspects of traceability and comparisons in flow measurement. URL:[https://www.researchgate.net/publication/260421825\\_Aspects\\_of\\_traceability\\_and\\_comparisons\\_in\\_flow\\_measurement](https://www.researchgate.net/publication/260421825_Aspects_of_traceability_and_comparisons_in_flow_measurement)
7. Walter Poeschel Internal and external comparison measurements for ensuring accuracy and traceability in flow-meter calibration. URL:[https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung\\_1/1.5\\_fluessigkeiten/1.52/poeschel\\_99.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_1/1.5_fluessigkeiten/1.52/poeschel_99.pdf)
8. Косач Н. И. Оценка неопределенности измерений расхода жидкости на эталонах / Н. И. Косач // *Система обробки інформації*. - 2007. - Вип. 6. - С. 47-50. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2007\\_6\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2007_6_18).
9. Guide to Expression of Uncertainty in Measurement (ISO, Geneva, 1995) [https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)

#### References

1. Kuzmenko Iu. V. The state of ensuring the uniformity of measurements in the field of cold and hot water metering. Results of state metrological attestation of calibration pouring facilities / Problems of heat and water metering in Ukraine: Mater. VII International scientific-practical conf., June 15-16. [2010]/ Compiled by: V. I. Kartashev, O. B. Iskhakova. – K. : AVEGA LLC, 2010.-160 p.: ill. –Ukr., Russian - pp. 3-9
2. Kuzmenko Iu. V., Zaitseva E. A. Ensuring the unity of measurements of the amount of oil and oil products in Ukraine / Metrology and measuring techniques (Metrology – 2012): Mater. VIII Int. Scientific and technical Conf., 9-11 oct. [2012] - Kharkiv: NSC "Institute of Metrology", 2012.– 640 p.: Ill. – Ukr., Russian - pp. 506-509
3. Kuzmenko Iu., Zaitseva O. Iskhakova O. Energy accounting is the basis of energy saving. Metrology and instruments. 2008. № 4. pp. 67–68.
4. Kuzmenko Iu. V., Zaitseva E. A. On the issue of traceability of calibration installations in the field of flow measurement to the national first standard // *Ukrainian Metrological Journal*. - 2012. –№3. - pp. 50-54
5. Kuzmenko Iu. V., Lukash O. A. Study of metrological characteristics of volumetric water meters and their application as transfer standards / Problems of heat and water supply in Ukraine: Mater. VI International scientific-practical conf., June 16-19. [2008] / Compiled by: V. I Kartashev, O.B. Iskhakova. – K. : "AVEGA", 2008.-224 p., pp. 152-155
6. Raner Engel, Bodo Mickan Aspects of traceability and comparisons in flow measurement. URL:[https://www.researchgate.net/publication/260421825\\_Aspects\\_of\\_traceability\\_and\\_comparisons\\_in\\_flow\\_measurement](https://www.researchgate.net/publication/260421825_Aspects_of_traceability_and_comparisons_in_flow_measurement)
7. Walter Poeschel Internal and external comparison measurements for ensuring accuracy and traceability in flow-

meter calibration. URL:[https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung\\_1/1.5\\_fluessigkeiten/1.52/poeschel\\_99.pdf](https://www.ptb.de/cms/fileadmin/internet/fachabteilungen/abteilung_1/1.5_fluessigkeiten/1.52/poeschel_99.pdf)

8. Kosach N. I. Estimation of liquid flow measurements uncertainty on standards/ N. I. Kosach // *Information Processing Systems*, - 2007. - Vol. 6. - pp. 47-50. - Access

mode: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi\\_2007\\_6\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/soi_2007_6_18).

9. Guide to Expression of Uncertainty in Measurement (ISO, Geneva, 1995)  
[https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM\\_100\\_2008\\_E.pdf](https://www.bipm.org/utis/common/documents/jcgm/JCGM_100_2008_E.pdf)

