

IFDCSMS – INM

National Metrology Institute

**COOMET Comparison**

**684/MD-a/16**

**Pilot comparisons of national standard in the field of gas  
flow**

**Final technical protocol**

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение .....	3
2. Сличаемое средство измерения.....	3
3. Условия проведения сличений .....	5
4. Испытательные точки и процедура измерений .....	6
5. Испытательные установки лабораторий-участниц и достигнутые результаты....	7
5.1 Украина .....	7
5.2 Республика.....	11
6. Обработка результатов.....	13
7. Заключение.....	18

## 1. Введение

Целью этого проекта является реализация сличения в области расхода газа в лабораториях-членах рабочей группы ТК 1.4 метрологической организации КООМЕТ для опробования методики измерения и/или исследования стабильности транспортируемого эталона, а также предварительной оценки возможных расхождений результатов измерений в ключевом сличении КООМЕТ.

Сличения осуществлены в диапазоне расхода газа (0,5 - 50) м<sup>3</sup>.ч<sup>-1</sup>. В сличениях принимали участия две лаборатории – ИФ ГЦСМС Ивано-Франковск, Украина (пилотная лаборатория) и Национальный Институт Метрологии Республика Молдова, Кишинев (координатор сличений).

При измерениях каждая лаборатория-участница использовала свою процедуру калибровки. Сличение было осуществлено согласно рекомендациям КООМЕТ «Положения по сличению эталонов национальных метрологических институтов КООМЕТ» и директиве МКМВ по реализации ключевых сличений. В таблице № 1 указан временной график измерений в отдельных лабораториях-участницах.

Таблица 1 – Участники сличений по теме КООМЕТ 684/MD-a/16

Страна	Лаборатория	Место сличения	Требуемый уровень сличения	Дата сличения	Ответственный
Украина	Государственная научно-исследовательская лаборатория	ИФ ГЦСМС Ивано-Франковск ул. Вовчинецька, 127	(0,5 - 50) м <sup>3</sup> .ч <sup>-1</sup>	09.19 – 10.19г.	Денис Середюк e-mail: <a href="mailto:sdo_if@meta.ua">sdo_if@meta.ua</a> тел: +380 672590794
Молдова	Национальный Институт Метрологии	INM Республика Молдова, 2064, мун. Кишинев, ул. Е. Кока, 28	(0,5 - 50) м <sup>3</sup> .ч <sup>-1</sup>	10.19. – 11.19г.	Виктор Грушка e-mail: <a href="mailto:debite@inm.gov.md">debite@inm.gov.md</a> тел: +373 022903143
Украина	Государственная научно-исследовательская лаборатория	ИФ ГЦСМС Ивано-Франковск ул. Вовчинецька, 127	(0,5 - 50) м <sup>3</sup> .ч <sup>-1</sup>	12.19 – 01.20г.	Денис Середюк e-mail: <a href="mailto:sdo_if@meta.ua">sdo_if@meta.ua</a> тел: +380 672590794

## 2. Сличаемое средство измерения

В качестве эталонов сравнения использованы счетчик Delta S-Flow G100, №8785901001 производства фирмы "Actaris Gaszählerbau GmbH", г. Карлсруе, Германия и счетчик EP 2 №3155828 производства фирмы «GMR», г. Скутеж, Чехия.

Счетчик Delta S-Flow являет собой роторный счетчик с двумя трехлопастными роторами, каждая лопасть которых размещена под углом 120 градусов один относительно другого и смещен на 60 градусов по длине. Такая

конструкция позволяет полностью избежать резонансных явлений характерных для роторных счетчиков с обычными восьмьюобразными роторами.

Счетчик работает в диапазоне расхода (0,8 - 160) м<sup>3</sup>.ч<sup>-1</sup>. Внешний вид и конструкция счетчика изображены на рисунке 1. Его габариты изображены на рисунке 2. Составной частью средства измерения являются также входной и выходной трубопроводы с таким же диаметром DN как и у счетчика, которые направляются участникам испытаний вместе со счетчиком.

Обязательным условием нормального функционирования счетчика является строго горизонтальное рабочее положение счетчика на испытательном оборудовании. Испытания проводятся без смазки подшипников счетчика маслом.

Термометр для снятия температуры газа устанавливается во вмонтированную во входной трубопровод гильзу. Рабочее давление на средстве измерения снимается из выхода „P“ счетчика. Снятие импульсов обеспечивается из высокочастотного выхода „Hf1“ счетчика. Номинальный коэффициент преобразования счетчика – 12390,19 имп/м<sup>3</sup>.

Счетчик EP2 представляет собой барабанный счетчик газа, который оснащен высокочастотным и низкочастотным датчиками снятия импульсов и работает в диапазоне расхода (0,02- 2) м<sup>3</sup>.ч<sup>-1</sup>. Внешний вид и конструкция счетчика EP2 наведены на рисунке 3. Номинальный коэффициент преобразования счетчика по высокочастотному выходу – 10000 имп/м<sup>3</sup>.

Обязательным условием нормального функционирования счетчика является правильный уровень масла в счетчике и соблюдение температурного режима в диапазоне от 18 °С до 22 °С. Присоединительный размер – 1 1/4".

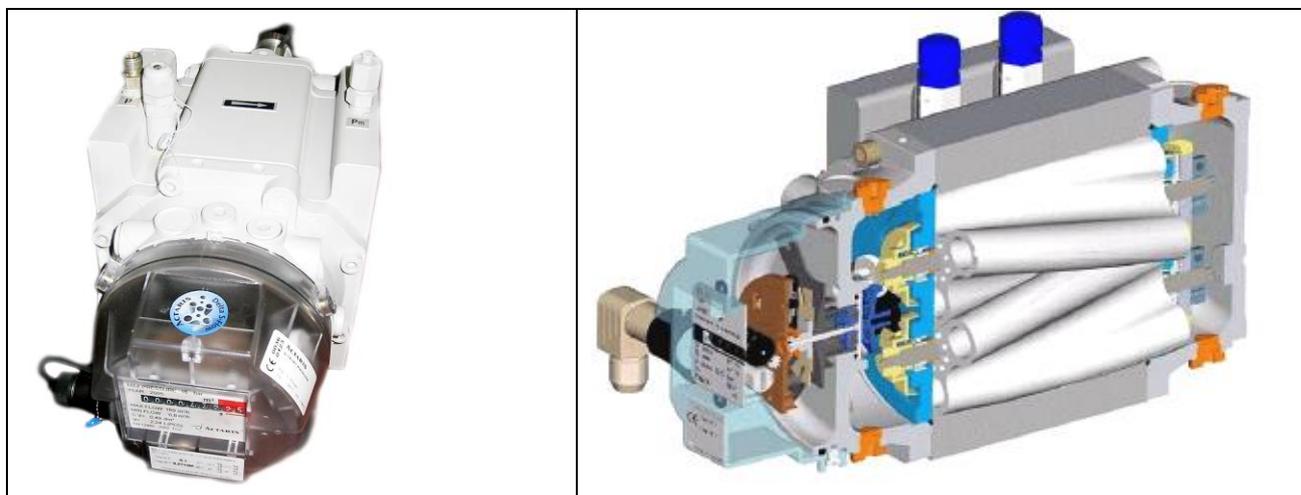
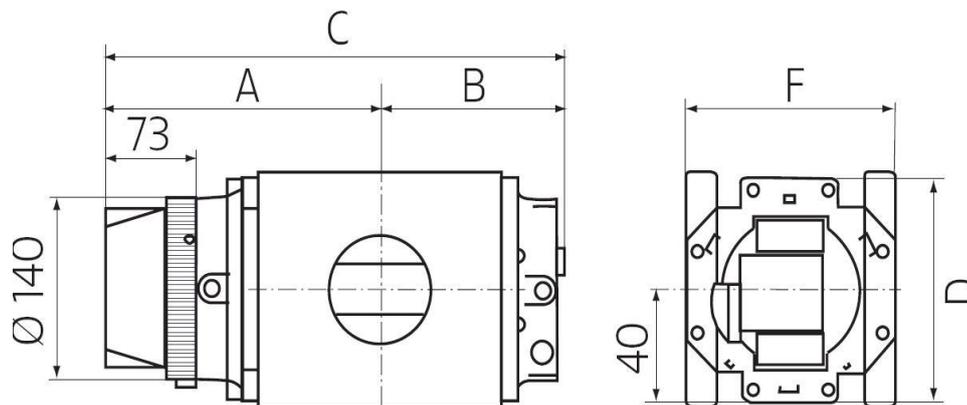


Рисунок 1. Внешний вид и конструкция эталона Delta S-Flow G100



Габариты средства измерения	Размеры [мм]					
	DN	D	F	A	B	C
	140	182	171	224	158	382

Рисунок 2 - Габаритные размеры счетчика Delta S-Flow G100



Рисунок 3 - Внешний вид и конструкция эталона ER 2.

### 3. Условия проведения сличений

Рабочие условия в лаборатории должны отвечать следующим требованиям:

- температура в лаборатории должна быть в диапазоне  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ;
- колебания температуры в течение одного измерения не должны превышать  $0,1^\circ\text{C}$ ;
- испытательное давление на входе сличаемого средства измерения должно быть близко атмосферному давлению.

#### 4. Испытательные точки и процедура измерений

Испытания проводятся на следующих значениях расхода:  $50 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $40 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $32 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $25 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $20 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $12 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $10 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $8 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $4 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $2 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $1 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$ ,  $0,5 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$  – всего в двенадцать точек.

Диапазон отклонений требуемого значения расхода  $\pm 3\%$ . В одной испытательной точке испытание повторяется 3 раза.

Из измеренных результатов рассчитываются среднее значение расхода, относительная погрешность средства измерения и расширенная неопределенность измерения каждой измеренной точки, которые записываются в таблицу по образцу таблицы №3.

Таблица 2 – Форма представления результатов измерений

Название НМИ-участника					
Требуемый испытательный расход	Абсолютное давление на средстве измерения	Температура средства измерения	Потеря давления на средстве измерения	Относительная погрешность средства измерения $e_r$	Расширенная неопределенность измерения $U$ ( $k=2$ )
$[\text{м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}]$	[Pa]	[°C]	[Pa]	[%]	[%]
50					
40					
32					
25					
20					
12					
10					
8					
4					
2					
1					
0.5					

Относительная погрешность измерения „ $e_r$ “ – разница данных, полученных от эталона сравнения „ $V_M$ “ и значения объема „ $V_E$ “, воспроизведенного эталоном НМИ-участника, приведенное к значению „ $V_E$ “, выраженная в процентах. То есть

$$e_r = \frac{V_M - V_E}{V_E} \times 100 \quad (1)$$

Основой для оценки успешного результата лабораторий в сличениях для  $i$ -того значения расхода, является параметр степени эквивалентности (Degree of Equivalence)  $Ei$ , который рассчитывается согласно следующему уравнению:

$$Ei = \left| \frac{di}{U(di)} \right| \quad (2)$$

Расчет разности  $di$  производится согласно следующему уравнению:

$$d_i = e_{U_{ri}} - e_{M_{ri}} \quad (3)$$

Где

-  $e_{Mri}$  - относительное значение отклонения коэффициента преобразования средства сравнения от номинального значения (относительная погрешность), измеренное на первичном эталоне Республики Молдова;

-  $e_{Uri}$  - относительное значение отклонения коэффициента преобразования средства сравнения от номинального значения (относительная погрешность), измеренное на первичном эталоне Украины.

Расширенная неопределенность результата  $d_i$  для независимых лабораторий рассчитывается согласно следующему уравнению:

$$U(d_i) = \sqrt{U_{Ui}^2 + U_{Mi}^2} \quad (4)$$

где

-  $U_{Mi}$  - Расширенная неопределенность результата измерения на  $i$ -том значении расхода полученное на первичном эталоне Республики Молдова

-  $U_{Ui}$  - Расширенная неопределенность результата измерения на  $i$ -том значении расхода полученное на первичном эталоне Украины

## 5. Испытательные установки лабораторий-участниц и достигнутые результаты

### 5.1 Украина

ГП «Ивано-Франковскстандартметрология» при выполнении калибровочных работ использовались Государственный эталон единицы объема и объемного расхода газа (колокольного типа) ДЕТУ 03-01-96 (UA1), диапазон объемных расходов от 1 до 250 м<sup>3</sup>/ч, неопределенность  $U = 0,07\%$  ( $k=2$ ) и вторичный эталон единиц объема и объемного расхода газа ВЕТУ 03-01-01-15 (UA2), диапазон объемных расходов от 0,016 до 25 м<sup>3</sup>/ч, неопределенность  $U = 0,07\%$  ( $k=2$ ).

Принцип действия эталонов основан на измерении интервала времени, на протяжении которого вытесняется известный с высокой точностью объем газа с одновременным измерением температуры и давления газа. Объем газа, который прошел через испытуемый счетчик газа определяется на основании уравнения состояния газа:

$$V_a = V_k \cdot \frac{p}{p_0} \cdot \frac{T_0}{T}; \quad (5)$$

где  $V_K$  – контрольный объем газа, который воспроизводится эталоном;

$p, p_0$  – абсолютное давление на входе в испытуемый счетчик и под колоколом, соответственно;

$T, T_0$  – температура измерительной среды в испытуемом счетчике и под колоколом, соответственно.

Объем измеренный счетчиком определяется следующим образом:

$$V_{сч} = \frac{N}{K_{НОМ}}; \quad (6)$$

где  $N$  – количество импульсов со счетчика;

$K_{НОМ}$  – номинальное значение коэффициента преобразования счетчика, имп./м<sup>3</sup>.

Погрешность счетчика рассчитывается так:

$$e_r = \frac{V_{сч} - V_a}{V_a}; \quad (7)$$



Рисунок 4 – Внешний вид Государственного первичного эталона единиц объема и объемного расхода газа из сличаемым средством измерения Delta S-Flow

Также для проведения испытаний использован вторичный эталон единиц объема и объемного расхода газа ВЕТУ 03-01-01-15.



Рисунок 5 - Общий вид вторичного эталона единиц объема и объемного расхода газа ВЕТУ 03-01-01-15.

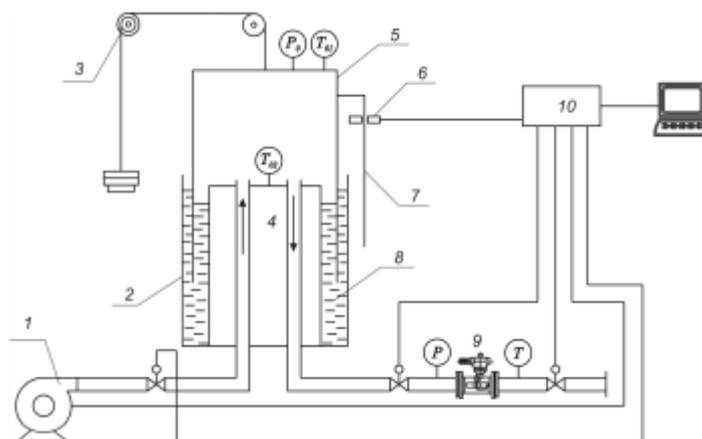


Рисунок 6 – Схема эталона колокольного типа

Состав установки:

1 – воздуходувка;

2 – корпус;

3 – компенсатор (эвольвента) выталкивающей (Архимедовой) силы;

- 4 - вытеснитель;
- 5 – колокольный мерник;
- 6 – преобразователь линейного перемещения колокольного мерника;
- 7 – линейка;
- 8 – затворная жидкость (низкоиспаряемое минеральное масло);
- 9 – испытуемый счетчик;
- 10 – система сбора и обработки информации и управления.

Таблица 3 – Результаты испытаний – Украина (до выезда)

Название НМИ-участника		ИФ ГЦСМС			
Требуемый испытательный расход	Абсолютное давление на средстве измерения	Температура средства измерения	Потеря давления на средстве измерения	Относительная погрешность средства измерения $e_r$	Расширенная неопределенность измерения $U$ ( $k=2$ )
$[m^3 \cdot h^{-1}]$	[Pa]	[°C]	[Pa]	[%]	[%]
50,01	101488	19,81	80	0,05	0,11
40,07	101557	19,81	50	0,03	0,11
32,01	101565	19,80	42	-0,01	0,11
24,96	101637	19,79	25	-0,01	0,11
11,97	101674	19,71	8	-0,06	0,11
9,99	101675	19,72	7	-0,08	0,11
8,06	101675	19,72	5	-0,11	0,11
4,00	101682	19,72	2	-0,25	0,12
2,01	101683	19,75	1	-0,54	0,12
1,02	101683	19,79	1	0,15	0,12
0,51	101683	19,78	1	0,3	0,14

Таблица 4 – Результаты испытаний – Украина (после приезда)

Название НМИ-участника <u>ИФ ГЦСМС</u> .					
Требуемый испытательный расход	Абсолютное давление на средстве измерения	Температура средства измерения	Потеря давления на средстве измерения	Относительная погрешность средства измерения $e_r$	Расширенная неопределенность измерения $U (k=2)$
$[m^3 \cdot h^{-1}]$	[Pa]	[°C]	[Pa]	[%]	[%]
50,0	101486	20,15	82	0,06	0,11
40,0	101517	20,15	51	0,03	0,11
32,0	101519	20,17	49	0,01	0,11
25,0	101544	20,17	24	-0,01	0,11
12,0	101559	20,15	9	-0,06	0,11
10,0	101600	20,19	8	-0,07	0,11
8,0	101605	20,21	5	-0,11	0,11
4,00	101607	20,19	2	-0,25	0,12
2,0	101608	20,18	1	-0,54	0,12
1,0	101608	20,19	1	0,14	0,12
0,5	101608	20,18	1	0,31	0,14

## 5.2 Республика Молдова

В Молдове исследования проводились на первичном эталоне единицы объема и объемного расхода газа Республики Молдова Bell Piston Prover DN 400, который представляет собой сочетание установки колокольного типа и установки с эталонными критическими соплами, метрологические характеристики представлены в таблице 5. Внешний вид и схема управления данным эталоном приведены на рисунках.

Таблица 5. Метрологические характеристики эталона

Установка колокольного типа	
Диапазон измерения:	0,016 m <sup>3</sup> /h ÷ 10 m <sup>3</sup> /h;
Рабочая среда:	воздух
Рабочее давление:	0,2 bar ÷ 6 bar
Неопределенность:	0,15 %
Критические сопла (14 штук)	
Диапазон измерения:	0,016 m <sup>3</sup> /h ÷ 50 m <sup>3</sup> /h;
Рабочая среда:	воздух
Неопределенность:	0,25 %



Рисунок 6 - Внешний вид первичного эталона Bell Piston Prover DN 400.

**4.5 Technology diagram**

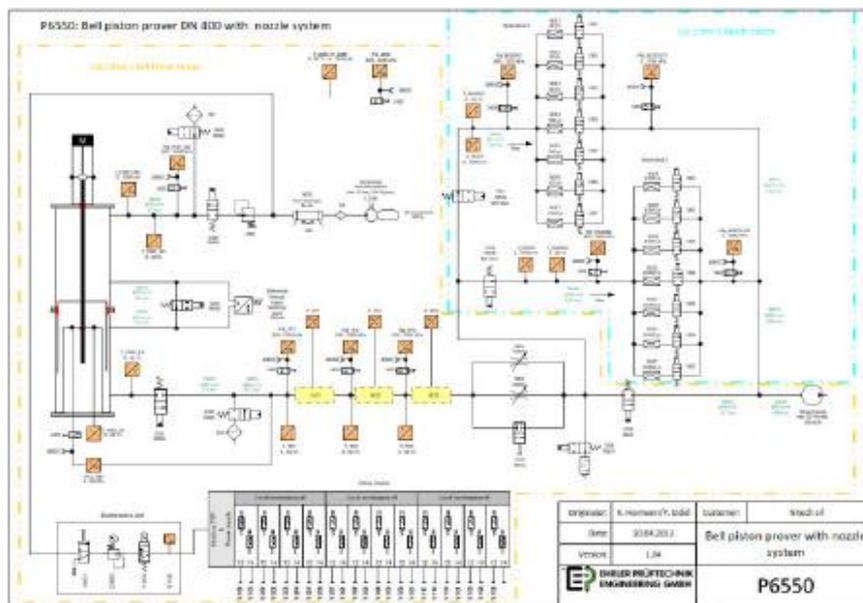


Рисунок 7 - Схема управления эталоном Bell Piston Prover DN400.

Результаты исследования метрологических характеристик эталонов сравнения на первичном эталоне Республики Молдова приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Результаты исследования эталонов сравнения на первичном эталоне Республики Молдова Bell Piston Prover DN400

Название НМИ-участника INM					
Требуемый испытательный расход	Абсолютное давление на средстве измерения	Температура средства измерения	Потеря давления на средстве измерения	Относительная погрешность средства измерения $e_r$	Расширенная неопределенность измерения $U$ ( $k=2$ )
$[m^3 \cdot h^{-1}]$	[Pa]	[°C]	[Pa]	[%]	[%]
50	100137	21,24	565	0.04	0,25
40	100335	21,48	367	0.00	0,25
32	100474	21,71	228	0.00	0,25
25	100582	21,82	120	-0.01	0,25
20	100624	21,86	78	-0.02	0,25
12	100681	21,90	21	-0.05	0,25
10	100684	21.90	18	-0.12	0,25
8	100687	21.83	15	-0.19	0,25
4	100692	21.81	10	-0.31	0,25
2	100694	21.80	8	-0.45	0,26
1	100697	21.85	5	-0.26	0,25
0,5	100698	21.83	4	0.1	0,25

## 6. Обработка результатов

6.1 Относительная погрешность измерения „ $e_r$ “ – разница данных, полученных от эталона сравнения „ $V_M$ “ и значения объема „ $V_E$ “, воспроизведенного эталоном НМИ-участника, приведенное к значению „ $V_E$ “, выраженная в процентах. То есть

$$e_r = \frac{V_M - V_E}{V_E} \cdot 100; \quad (8)$$

6.2 Неопределенность измерений рассчитывается согласно методике в соответствии с публикацией М. G. Соха<sup>1</sup>

### 6.2.1 Установление исходного значения KCRV и его неопределенности.

Исходное значение  $y$  было рассчитано как средняя весовая погрешность (WME) согласно следующему уравнению:

$$y = \frac{\frac{x_1}{u_{x1}^2} + \frac{x_2}{u_{x2}^2} + \dots + \frac{x_n}{u_{xn}^2}}{\frac{1}{u_{x1}^2} + \frac{1}{u_{x2}^2} + \dots + \frac{1}{u_{xn}^2}} \quad (9)$$

Где:  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - значения погрешностей, измеренных в участвующих независимых лабораториях 1, 2, ..., n.

<sup>1</sup>) Сох М. G., *Evaluation of key comparison data*, Metrologia, 2002, 39, 589-595

$u_{x1}, u_{x2}, \dots, u_{xn}$  - комбинированные стандартные неопределенности, сопряженные со значениями погрешностей, измеренных в независимых лабораториях 1, 2, ..., n, включающие также и неопределенность, которая следует из стабильности сличаемого средства измерения.

Комбинированная стандартная неопределенность измерения в отдельных лабораториях-участницах  $u_{x1}, u_{x2}, \dots, u_{xn}$  с учетом неопределенности следующей из стабильности сличаемого средства измерения была рассчитана согласно следующему уравнению:

$$u_{xi} = \sqrt{\left(\frac{U_{xi\_lab}}{2}\right)^2 + \left(\frac{U_{tm}}{2}\right)^2} \quad (10)$$

где:  $U_{xi\_lab}$  - расширенная неопределенность ( $k=2$ ), рассчитанная в  $i$ -ой лаборатории и приведенная в результатах измерения  $i$ -ой лаборатории;  
 $U_{tm}$  - оценка расширенной неопределенности измерения, следующая из стабильности сличаемого средства измерения.

Комбинированная стандартная неопределенность, относящаяся к исходному значению  $KCRV$ , рассчитана на основе следующего уравнения:

$$\frac{1}{u_y^2} = \frac{1}{u_{x1}^2} + \frac{1}{u_{x2}^2} + \dots + \frac{1}{u_{xn}^2} \quad (11)$$

Расширенная неопределенность, относящаяся к исходному значению  $U_y$  :

$$U_y = 2 \cdot u_y \quad (12)$$

При определении допустимого разброса результатов лабораторий-участниц при установлении исходного значения  $KCRV$  использовался « $\chi$ и – тест». В установление значения  $\chi_{obs}^2$  отдельные независимые лаборатории вносят вклад своими измеренными значениями погрешности и неопределенности измерения. Квадрат значения  $\chi$ и рассчитан согласно следующему уравнению:

$$\chi_{obs}^2 = \frac{(x_1 - y)^2}{u_{x1}^2} + \frac{(x_2 - y)^2}{u_{x2}^2} + \dots + \frac{(x_n - y)^2}{u_{xn}^2} \quad (13)$$

Степень свободы  $\nu$  в данном случае была установлена согласно уравнению:

$$\nu = n - 1 \quad (14)$$

где  $n$  – количество оцениваемых лабораторий.

Для реализации исходного значения лаборатории-участницы должны выполнять следующие условия:

$$CHIINV(0,05;\nu) > \chi_{obs}^2 \quad (15)$$

Если такое условие не соблюдено, установление исходного значения рассчитывается без данных лаборатории, которая имеет наивысшее значение параметра  $\chi$ . Эта процедура повторяется до тех пор, пока условие не является

выполненным. После этого, таким образом полученное значение  $y$ , является акцептируемым в качестве исходного значения KCRV  $x_{ref}$ , а значение  $U(y)$  признается в качестве расширенной неопределенности измерения, относящейся к KCRV как  $U(x_{ref})$ . Poate de indicat ca la copararea debite lichide EUROMET

Функция „ $CHINV(0,05;v)$ “ рассчитывается стандартным способом посредством табличного эдитора MS Excel.

### 6.2.2 Расчет разности $di$ между значением лаборатории и исходным значением KCRV и ее неопределенности $U(di)$ и степени эквивалентности $Ei$

Значение параметра  $di$  необходимо для расчета результата сличения, которым является степень эквивалентности  $Ei$ . Расчет разности производится согласно следующему уравнению:

$$di = x_i - x_{ref} \quad (16)$$

Для расчета степени эквивалентности необходимо рассчитать неопределенность, относящуюся к разности  $d_i$ . При применении закона расширения неопределенности выражение искомого параметра следует из уравнения:

$$u_{x_1-x_2}^2 = \left( \frac{\partial(x_1-x_2)}{\partial x_1} \quad \frac{\partial(x_1-x_2)}{\partial x_2} \right) \begin{pmatrix} u_1^2 & \text{cov} \\ \text{cov} & u_2^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \frac{\partial(x_1-x_2)}{\partial x_1} \\ \frac{\partial(x_1-x_2)}{\partial x_2} \end{pmatrix} = u_1^2 + u_2^2 - 2 \cdot \text{cov} \quad (17)$$

Из приведенного очевидно, что стандартная неопределенность измерения получена из взаимовлияний при установлении KCRV между двумя зависимыми входами, создается суммой квадратов стандартных неопределенностей соответствующих отдельным вводимым величинам минус двукратное число их ковариантности.

Для независимых лабораторий-участниц, которые участвовали в установлении KCRV, а также для зависимых лабораторий-участниц, значение ковариантности тождественно значению неопределенности измерения, относящегося к значению KCRV. То есть, значение  $u(di)$  записывается согласно следующему уравнению:

$$u(di) = \sqrt{u_{xi}^2 + u_{xref}^2 - 2 \cdot u_{xref}^2} = \sqrt{u_{xi}^2 - u_{xref}^2} \quad (18)$$

Независимые лаборатории-участницы, которые были исключены из установления KCRV, не имеют взаимовлияния, поэтому значение  $u(di)$  записывается согласно следующему уравнению:

$$u(di) = \sqrt{u_{xi}^2 + u_{xref}^2} \quad (19)$$

Расширенная неопределенность рассчитывается согласно уравнению:

$$U(di) = k \cdot u(di) = 2 \cdot u(di) \quad (20)$$

Основой для оценки успешного участия лаборатории в сличениях является параметр степени эквивалентности (Degree of Equivalence DoE)  $E_i$ , который рассчитывается согласно следующему уравнению:

$$E_i = \left| \frac{d_i}{U(d_i)} \right| \quad (14)$$

Причем используемое значение неопределенности  $U(d_i)$  руководствуется условиями, описанными выше.

Для оценки успешности лаборатории-участника принято использование лимита в выражении  $E_i \leq 1$ . Степень эквивалентности к значению KCRV установлена для результатов каждой лаборатории согласно следующей оценке:

- результаты лаборатории являются **приемлемыми (удовлетворительными)**, если  $E_i \leq 1$
- результаты лаборатории являются **неприемлемыми (неудовлетворительными)**, если  $E_i > 1,2$   
такая оценка сигнализирует серьезные проблемы лаборатории, которые необходимо анализировать и, для правильного функционирования лаборатории, устранить
- для значений  $E_i$  в интервале  $1 < E_i \leq 1,2$  установлен так называемый **предупреждающий уровень**, который сигнализирует участвующей лаборатории о недостатках менее серьезного характера, но является поводом для осуществления корректирующих мер.

Такие предупреждающие уровни являются причиной, по которой мы должны учитывать значимость расчета неопределенностей (для результатов лаборатории, а также KCRV). Обычно устанавливаются для уровня достоверности 95%. В некоторых сличениях для таких «предупреждений» используют интервал до  $E <$  чем  $1,5$ <sup>2)</sup>. Это значение имеет смысл в случае, когда стохастические влияния доминируют в бюджете общей неопределенности. В случае сличений расхода газа было избрано более низкое значение 1,2, которое отражает преобладание нестохастических «элементов» неопределенности по сравнению со стохастическими «элементами». (Воспроизводимость обычно намного лучше, чем общая неопределенность лаборатории).<sup>3)</sup>

---

<sup>2)</sup> C. Ullner и кол., *Special features in proficiency tests of mechanical testing laboratories*, and P. Robouch и кол., *The „Naji Plot“, a simple graphical tool for the evaluation of inter-laboratory comparisons*, Оба в : D. Richter, W. Wöger, W. Hässelbarth (ed.) *Data analysis of key comparisons*, 178. PTB- Seminar/International Workshop, ISBN 3-89701-933-3.

Таблица 7 - Результаты расчёта параметра степени эквивалентности  $Ei$

Требуемый испытательный расход [ $m^3 \cdot h^{-1}$ ]	INM				ИФ ГЦСМС				$E_n$
	$e_r$	$U, (k=2)$	$U+ e_r$	$U- e_r$	$e_r$	$U, (k=2)$	$U+ e_r$	$U- e_r$	
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	
50	<b>0,04</b>	0,25	0,29	-0,21	<b>0,05</b>	0,15	0,2	-0,1	0,03
40	<b>0,00</b>	0,25	0,25	-0,25	<b>0,03</b>	0,15	0,18	-0,12	0,10
32	<b>0,00</b>	0,25	0,25	-0,25	<b>0,01</b>	0,15	0,16	-0,14	0,03
25	<b>-0,01</b>	0,25	0,24	-0,26	<b>-0,01</b>	0,15	0,14	-0,16	0,00
20	<b>-0,02</b>	0,25	0,23	-0,27	<b>-0,02</b>	0,15	0,13	-0,17	0,00
12	<b>-0,05</b>	0,25	0,20	-0,30	<b>-0,06</b>	0,15	0,09	-0,21	0,03
10	<b>-0,12</b>	0,25	0,13	-0,37	<b>-0,08</b>	0,15	0,07	-0,23	0,14
8	<b>-0,19</b>	0,25	0,06	-0,44	<b>-0,11</b>	0,15	0,04	-0,26	0,27
4	<b>-0,31</b>	0,25	-0,06	-0,56	<b>-0,25</b>	0,15	-0,1	-0,4	0,21
2	<b>-0,45</b>	0,26	-0,19	-0,71	<b>-0,54</b>	0,15	-0,39	-0,69	0,30
1	<b>0,06</b>	0,25	0,31	-0,19	<b>0,15</b>	0,15	0,3	0	0,31
0.5	<b>0,18</b>	0,25	0,43	-0,07	<b>0,3</b>	0,15	0,45	0,15	0,41

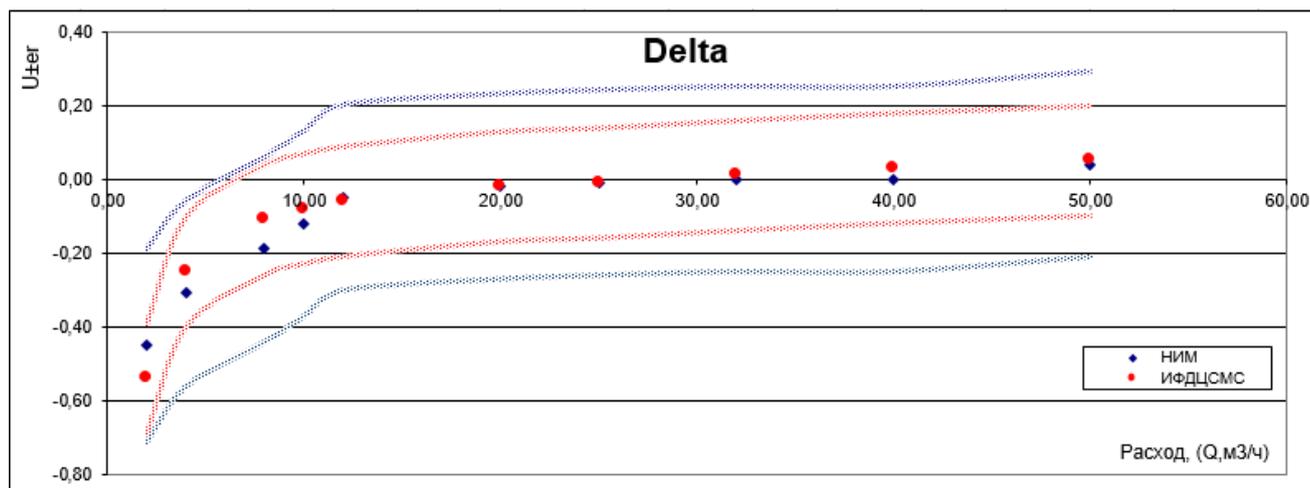


Рисунок 8 - Графическое представление результатов параметра степени эквивалентности  $Ei$ , для  $Q > 1,0 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$

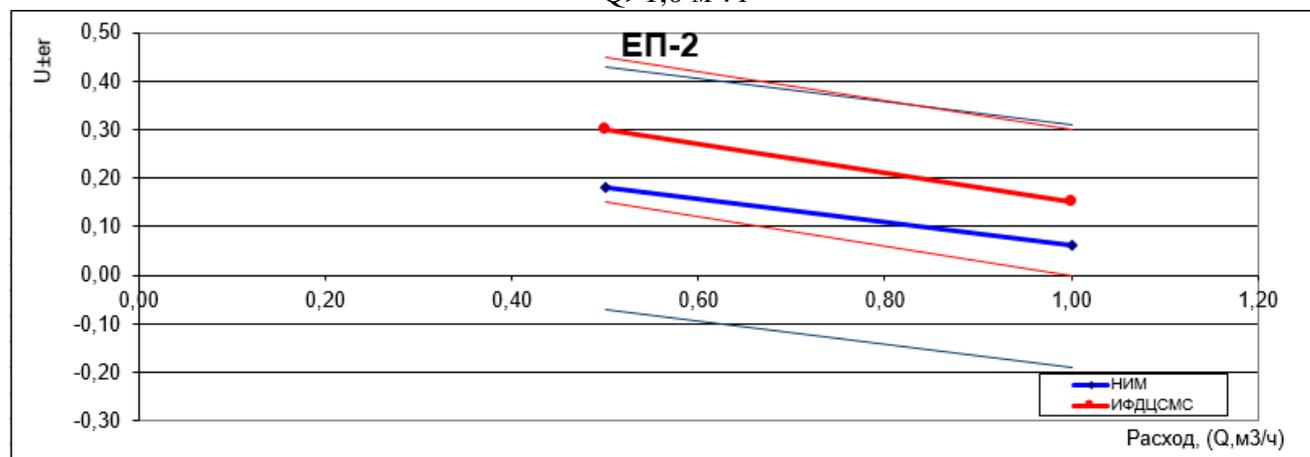


Рисунок 9 - Графическое представление результатов параметра степени эквивалентности  $Ei$ , для  $Q \leq 1,0 \text{ м}^3 \cdot \text{ч}^{-1}$

## 7. Заключение

В проведённых сличениях проекта КОOMET 684/MD-a/16 “Сличение национальных эталонов расхода газа” принимали участие две лаборатории – ИФ ГЦСМС Ивано-Франковск, Украина (пилотная лаборатория) и Национальный Институт Метрологии Республики Молдова, Кишинёв (координатор сличений).

В качестве эталонов сравнения были использованы два счётчика – роторный и барабанный счётчики газа. Из таблиц, указанных выше, мы можем увидеть, что на всём промежутке времени сличений, счётчики сохраняли свои метрологические характеристики.

Было учтено, что для результатов измерений, вошедших в множество согласованных данных и используемых для определения эквивалентности эталонов, применялось следующее условие, а именно  $E_n < 1$ . Данное условие выполнено, что отражено в Таблице 8, тем самым можно считать, что полученные лабораторией результаты являются приемлемыми.