

Додаток 4.D

(довідковий)

ПРИКЛАД ОЦІНЮВАННЯ ВІДПОВІДНОСТІ РЕФЕРЕНТНОГО МЕТОДУ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ НГ ВИМОГАМ ЩОДО ВИМІРЮВАННЯ ВИКИДІВ. ПЕРШИЙ ВИПАДОК: ВИМІРЮВАНОЮ ВЕЛИЧИНОЮ Є КОНЦЕНТРАЦІЯ ПЛАВИКОВОЇ КИСЛОТИ ТА ГАЗОПОДІБНИХ І ЗВ'ЯЗАНИХ ІЗ ТВЕРДИМИ ЧАСТИНКАМИ ФТОРИДІВ

4.D.1 Процес оцінки невизначеності

4.D.1.1 Загальні положення

Наведена нижче процедура обчислення невизначеності вимірювання ґрунтується на законі поширення невизначеності, як описано в стандартах ДСТУ EN ISO 14956 або ДСТУ ISO/IEC Guide 98-3. Процедура обчислення складається з послідовних етапів.

4.D.1.2 Визначення модельного рівняння

Чітко визначають вимірювану величину та всі параметри, які впливають на результат вимірювання такі параметри називають «вхідними величинами».

Визначають усі джерела невизначеності, що впливають на вхідні величини або безпосередньо на вимірювану величину.

Складають модельне рівняння, тобто встановлюють взаємозв'язок між вимірюваною величиною і величинами впливу за можливості у вигляді математичного виразу.

4.D.1.3 Кількісне визначення компонентів невизначеності

Кожне визначене джерело невизначеності оцінюють для встановлення його внеску до загальної невизначеності вимірювання.

Використовують наявні робочі характеристики системи вимірювання, дані про розсіювання результатів повторних вимірювань, інформацію наведену в сертифікатах калібрування, тощо.

Перетворюють усі компоненти невизначеності (наприклад, робочі характеристики) на стандартні невизначеності вхідних величин і величин впливу.

4.D.1.4 Обчислення сумарної невизначеності

Сумарну невизначеність u_c обчислюють шляхом комбінування стандартних невизначеностей відповідно до «закону поширення невизначеності».

Як правило, невизначеність, пов'язану з концентрацією, подають як загальну невизначеність. Загальна невизначеність U_c відповідає розширеній сумарній невизначеності, яку отримують шляхом множення сумарної невизначеності на коефіцієнт охоплення k : $U_c = k \times u_c$. Значення коефіцієнта охоплення k обирають залежно від потрібного рівня достовірності. У більшості випадків беруть k , що дорівнює 2; це відповідає рівню достовірності приблизно 95 %.

У таблицях, наведених нижче, подано приклад:

- конкретних умов у місці вимірювання (таблиця 4.D.1), тобто значень параметрів та діапазонів їх змін;
- робочих характеристик методу (таблиця 4.D.2), що стосуються параметрів, які впливають на роботу системи відбирання проб, робочих характеристик аналітичного

методу та параметрів впливу (наприклад, хімічних перешкод та умов навколишнього середовища, таких як температура і тиск).

4.D.2 Конкретні умови в місці вимірювання

Припущення: вимірювання виконують у каналі, де масовий потік вважається однорідним.

На основній лінії проби відбирають за допомогою насоса, а об'єм проби відібраного газу вимірюють за допомогою лічильника об'єму сухого газу, перед яким встановлено картридж із силікагелем.

Допоміжна лінія складається з двох послідовно з'єднаних поглиначів, заповнених розчином для поглинання (NaOH , 0,1 N), за яким розташовано резервну пляшку, насос і лічильник об'єму сухого газу перед яким встановлено картридж із силікагелем.

Таблиця 4.D.1. – Приклад умов виконання вимірювання

Конкретні умови установки	Значення/діапазон
Досліджувана концентрація HF (граничне значення HF приведенне до референтної концентрації за $O_{2,ref}$)	5 мг/м ³ ^{a)} за концентрації $O_{2,ref}$
Референтна концентрація O_2 : $O_{2,ref}$	11 % об.
Виміряна концентрація O_2 : $O_{2,mes}$	12,3% об. $\pm$ 6% відн. невизначеність (k=2)
Об'єм розчину V_s , використаний для вимірювання	200 мл (загальний об'єм двох поглиначів)
Об'єм проби газу	
Основна лінія $V_{m1,d}$	1,584 м ³
Допоміжна лінія $V_{m2,d}$	0,119 м ³
Середня температура на газових лічильниках	
Основна лінія T_{m1}	299,1 К (стандартне відхилення середнього значення з п'яти вимірювань протягом відбирання проби 0,10 К)
Допоміжна лінія T_{m2}	296,2 К (стандартне відхилення середнього значення з п'яти вимірювань протягом відбирання проби 0,23 К)
Середній абсолютний тиск ^{b)} на газових лічильниках	
Основна лінія P_{m1}	100,285 кПа (стандартне відхилення середнього значення з п'яти вимірювань протягом відбирання проби 0,41 Па)
Допоміжна лінія P_{m2}	100,281 кПа (стандартне відхилення середнього значення з п'яти вимірювань протягом відбирання проби 0,27 Па)
	Барометричний тиск: 100,212 кПа

Аналіз	
Кількість Q_{HF1} в основній лінії	649,2 мкг/фільтр (маса пилю: 2 мг)
Кількість Q_{HF2} в допоміжній лінії	2131,6 мкг/л розчину
a) m^3 — кубічний метр за стандартних умов температури (273 К) і тиску (101,325 кПа). b) Середнє абсолютне значення тиску обчислюють на основі п'яти вимірювань відносного тиску на газовому лічильнику та одного вимірювання атмосферного тиску виконаних протягом періоду відбирання проб.	

4.D.3 Робочі характеристики методу

Фільтр було підготовлено відповідно до процедури, викладеної в додатку 4.B, а отримані розчини було проаналізовано методом іонообмінної хроматографії.

Таблиця 4.D.2. – Приклад робочих характеристик

Робочі характеристики	Критерій ефективності	Результати лабораторних або польових випробувань
Об'єм розчину для поглинання v_s Загальний об'єм розчину визначають за допомогою градуйованої пробірки ^{a)} Розширена невизначеність — похибка градуйованої пробірки — похибка зчитування показників — стандартне відхилення повторюваності вимірювання об'єму	$\leq 1,0$ % від об'єму розчину	$\pm 1,4$ мл 2 мл 0,5 мл
Об'єм газу, відібраного з основної лінії $v_{m1,d}$ Розширена невизначеність — невизначеність калібрування — стандартне відхилення повторюваності вимірювання — дрейф між двома коригуваннями — похибка зчитування показників		0,75 % від виміряного значення 0,3 % від виміряного значення 1,0 % від виміряного значення 0,002 m^3
Об'єм проби газу $v_{m2,d}$ Розширена невизначеність — невизначеність калібрування	$\leq 5,0$ % від виміряного значення	0,75 % від виміряного значення

— стандартне відхилення повторюваності вимірювання		0,3 % від виміряного значення
— дрейф між двома коригуваннями;		1,0 % від виміряного значення
— похибка зчитування показників		0,002 м ³
Температура на лічильнику об'єму газу на основній лінії T_{m1}		
Розширена невизначеність		
— невизначеність калібрування		0,5 К
— дрейф між двома коригуваннями	≤2,5 К	0,2 К
— дискретність		0,1 К
— середнє стандартне відхилення		0,10 К
Температура на лічильнику об'єму газу на основній лінії T_{m1}		
Розширена невизначеність	≤2,5 К	
— невизначеність калібрування		0,5 К
— дрейф між двома коригуваннями		0,2 К
— дискретність		0,1 К
— середнє стандартне відхилення		0,23 К
Абсолютний тиск на лічильнику об'єму газу на основній лінії P_{m1}	≤1,0 % від виміряного значення	
Відносний тиск на лічильнику об'єму газу; діапазон манометра: 0-200 Па		
Розширена невизначеність		
— невизначеність калібрування		0,3 Па
— дискретність		0,01 Па
— відхилення від лінійності		0,9 % від повного діапазону
— дрейф між двома коригуваннями		1,5 % від повного діапазону
— середнє стандартне відхилення		0,41 Па
Атмосферний тиск:		
— максимально допустима похибка		±300 Па
— показання		20 Па

4.D.4 Обчислення стандартної невизначеності вимірюної концентрації

4.D.4.1 Обчислення загальної концентрації HF

Загальна концентрація HF за стандартних умов та за вимірюного вмісту кисню

$$C_{HF,s,0,d} = C_{HF1} + C_{HF2} = \frac{Q_{HF1}}{V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}} + \frac{Q_{HF2} \times V_s}{V_{m2,0,d}} \quad (4. D. 1)$$

де $V_{m1,0,d}$ – об'єм повітря, відібраного з основної лінії за стандартних умов, м³:

$$V_{m1,0,d} = V_{m1,d} \times \frac{T_{std}}{T_{m1}} \times \frac{P_{m1}}{P_{std}} \quad (4. D. 2)$$

Об'єм повітря, відібраного з допоміжної лінії за стандартних умов, м³:

$$V_{m2,0,d} = V_{m2,d} \times \frac{T_{std}}{T_{m2}} \times \frac{P_{m2}}{P_{std}} \quad (4. D. 3)$$

де $C_{HFt,0,d}$ – вимірюна загальна концентрація HF приведена до стандартних умов сухого газу, мкг/м³;

$C_{HF1t,0,d}$ – вимірюна на основній лінії концентрація HF у складі частинок, приведена до стандартних умов сухого газу, мкг/м³;

$C_{HF2,0,d}$ – вимірюна концентрація HF на допоміжній лінії приведена до стандартних умов сухого газу, мкг/м³;

Q_{HF1} – кількість HF визначена на фільтрі, мкг/л;

Q_{HF2} – кількість HF визначена у розчині для поглинання, мкг/л;

v_s – об'єм розчину для поглинання проби, л;

$V_{m1,0,d}$ – об'єм газу відібраного з основної лінії приведенного до стандартних умов сухого газу, м³;

$V_{m2,0,d}$ – об'єм газу відібраного з допоміжної лінії приведенного до стандартних умов сухого газу, м³;

T_{m1} – середня температура відібраного газу на лічильнику об'єму газу на основній лінії, К;

T_{m2} – середня температура відібраного газу на лічильнику об'єму газу на допоміжній лінії, К;

T_{std} – стандартна температура, 273 К;

P_{m1} – абсолютний тиск на лічильнику об'єму газу на основній лінії, кПа;

P_{m1} дорівнює сумі відносного тиску, вимірюного на лічильнику об'єму газу на основній лінії ($P_{rel,1}$), і атмосферного тиску (P_{atm});

P_{m2} – абсолютний тиск на лічильнику об'єму газу на допоміжній лінії; P_{m2} дорівнює сумі відносного тиску, вимірюного на лічильнику об'єму газу на допоміжній лінії ($P_{rel,2}$), і атмосферного тиску (P_{atm});

P_{std} – стандартний тиск, 101,325 кПа;

$V_{m1,d}$ – об'єм сухого газу, відібраного з основної лінії, визначений як різниця між показниками лічильника об'єму газу на початку та кінці періоду відбирання проб, м³.

Показник на початку періоду відбирання проби відповідає показнику значення індикатора, значення в кінці періоду відбирання відповідає значенню вимірювання.

$V_{m2,d}$ —об'єм сухого газу, відібраного з додаткової лінії, визначений як різниця між показниками лічильника об'єму газу на початку та кінці періоду відбирання проб, м³.

Показник на початку періоду відбирання проби відповідає показнику значення індикатора, значення в кінці періоду відбирання відповідає значенню вимірювання.

Перерахунок загальної концентрації HF до стандартної концентрації O_2 :

$$C_{HF,t,d,O_2,ref} = C_{HF,t,0,d} \times \frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mes}} \quad (4. D. 4)$$

де $C_{HF,t,d,O_2,ref}$ — загальна концентрація HF приведено до стандартної концентрації O_2 , мкг/м³;

$C_{HF,t,0,d}$ — загальна концентрація HF виміряна у газоході за виміряної концентрації O_2 , мкг/м³;

$O_{2,ref}$ — референтний об'ємний вміст O_2 , %;

$O_{2,mes}$ — виміряний у газоході об'ємний вміст O_2 , %.

Перерахунок відібраних об'ємів до стандартних умов:

$$V_{m1,0,d} = 1,584 \times \left(\frac{273}{299,1} \right) \times \left(\frac{100,285}{101,325} \right) = 1,4308 \text{ м}^3$$

$$V_{m2,0,d} = 0,119 \times \left(\frac{273}{296,2} \right) \times \left(\frac{100,281}{101,325} \right) = 0,1086 \text{ м}^3$$

Обчислення концентрації:

Загальна концентрація HF за стандартних умов температури і тиску та за виміряної концентрації O_2 дорівнює:

$$C_{HF,t,0,d} = \frac{649,2}{1,43084 + 0,10856} + \frac{2131,6 \times 0,200}{0,10856} = 421,72 + 3927,16 = 4348,89 \text{ мкг/м}^3$$

$$C_{HF,t,0,d} = \frac{649,2}{1,43084 + 0,10856} + \frac{2131,6 \times 0,200}{0,10856} = 4348,89 \text{ мкг/м}^3$$

Концентрація за стандартних умов температури й тиску та за стандартної концентрації O_2 дорівнює:

$$C_{HF,t,0,d2,ref} = 4348,89 \times \frac{21 - 11}{21 - 12,3} = 4998,72 \frac{\mu\text{g}}{\text{м}^3} \approx 5 \text{ мкг/м}^3$$

$$C_{HF,t,0,d2,ref} = 4348,89 \times \frac{21 - 11}{21 - 12,3} = 4998,72 \frac{\mu\text{g}}{\text{м}^3} \approx 5 \text{ мкг/м}^3$$

4.D.4.2 Модельне рівняння та застосування правила поширення невизначеності

Формула для обчислення сумарної невизначеності величини $C_{HF,t,0,d}$ відповідно до (4.D.1):

$$u^2(C_{HF,t,0,d}) = \left(\frac{\partial C_{HF,t,0,d}}{\partial Q_{HF2}} \right)^2 \times u^2(Q_{HF2}) + \left(\frac{\partial C_{HF,t,0,d}}{\partial V_s} \right)^2 \times u^2(V_s) + \left(\frac{\partial C_{HF,t,0,d}}{\partial V_{m2,0,d}} \right)^2 \times u^2(V_{m2,0,d}) + \left(\frac{\partial C_{HF,t,0,d}}{\partial V_{HF1}} \right)^2 \times u^2(Q_{HF1}) + \left(\frac{\partial C_{HF,t,0,d}}{\partial V_{m1,0,d}} \right)^2 \times u^2(V_{m1,0,d}) \quad (D. 5)$$

Формула для обчислення сумарної невизначеності $V_{m1,0,d}$ і $V_{m2,0,d}$ відповідно до (4.D.2) і (4.D.3):

$$u^2(V_{mx,0,d})^2 = \left(\frac{\partial V_{mx,0,d}}{\partial V_{mx,d}}\right)^2 \times u^2(V_{mx,d}) + \left(\frac{\partial V_{mx,0,d}}{\partial P_{atmx}}\right)^2 \times u^2(P_{atmx}) + \left(\frac{\partial V_{mx,0,d}}{\partial P_{relx}}\right)^2 \times u^2(P_{relx}) + \left(\frac{\partial V_{mx,0,d}}{\partial T_{mx}}\right)^2 \times u^2(T|mx) \quad (4. D. 6)$$

де $x = 1$ для основної лінії і $x = 2$ для додаткової лінії. Коефіцієнти чутливості для формули (4.D.5):

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d}}{\partial Q_{HF2}}\right) = \frac{C_{HFt,0,d} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})}{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}} \quad (4. D. 7)$$

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d}}{\partial V_s}\right) = \frac{C_{HFt,0,d} \times Q_{HF2} \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})}{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}} \quad (4. D. 8)$$

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d}}{\partial Q_{HF1}}\right) = \frac{C_{HFt,0,d} \times V_{m2,0,d}}{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}} \quad (4. D. 9)$$

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d}}{\partial V_{m1,0,d}}\right) = \frac{-C_{HFt,0,d} \times Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}}{(Q|HF2 \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}) \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})} \quad (4. D. 10)$$

$$\begin{aligned} &\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d}}{\partial V_{m2,0,d}}\right) \\ &= \frac{-C_{HFt,0,d} \times (Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})^2 + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}^2)}{(Q|HF2 \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}) \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) \times V_{m2,0,d}} \quad (4. D. 11) \end{aligned}$$

Формула (4.D.5) набуває такого вигляду:

$$\begin{aligned} \left(\frac{u^2 C_{HFt,0,d}}{C_{HFt,0,d}}\right) &= \left(\frac{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})}{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}}\right)^2 \times \left(\frac{u^2(Q_{HF2})}{Q_{HF2}^2} + \frac{u^2(V_s)}{V_s^2}\right) \\ &+ \left(\frac{V_{m2,0,d} \times Q_{HF1}}{Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}}\right)^2 \times \left(\frac{u^2(Q_{HF1})}{Q_{HF1}^2}\right) \\ &\times \left(\frac{-V_{m1,0,d} \times V_{m2,0,d} \times Q_{HF1}}{(Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}) \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})}\right)^2 \\ &\times \left(\frac{u^2(V_{m1,0,d})}{V_{m1,0,d}^2} + \frac{u^2(P_{atm1})}{P_{atm1}^2} + \frac{u^2(P_{rel1})}{P_{rel1}^2} + \frac{u^2(T_{m1})}{T_{m1}^2}\right) \\ &+ \left(\frac{-Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})^2 + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}^2}{(Q_{HF2} \times V_s \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d}) + Q_{HF1} \times V_{m2,0,d}) \times (V_{m1,0,d} + V_{m2,0,d})}\right)^2 \\ &\times \left(\frac{u^2(V_{m2,0,d})}{V_{m2,0,d}^2} + \frac{u^2(P_{atm2})}{P_{atm2}^2} + \frac{u^2(P_{rel2})}{P_{rel2}^2} + \frac{u^2(T_{m2})}{T_{m2}^2}\right) \quad (4. D. 12) \end{aligned}$$

Формула (4.D.6) набуває такого вигляду:

$$\frac{u^2(V_{mx,0,d})}{V_{mx,0,d}^2} = \frac{u^2(V_{mx,d})}{V_{mx,d}^2} + \frac{u^2(P_{atm})}{P_{atm}^2} + u^2 \frac{(P|rel)}{(P_{rel})^2} + u^2 \frac{(T|mx)}{(T_{mx})^2} \quad (4. D. 13)$$

$$\frac{u(V_{m1,0,d})}{(V_{m1,0,d})} = 0,0099$$

$$\frac{u(V_{m2,0,d})}{(V_{m2,0,d})} = \frac{0,0121u(V_{m2,0,d})}{V_{m2,0,d}} = \frac{0,0121u(V_{m2,0,d})}{V_{m2,0,d}} = 0,0123$$

Формула для обчислення сумарної невизначеності $C_{HFt,d,O_2,ref}$.

Оскільки референтний вміст кисню $O_{2,ref}$ є заданим значенням, його невизначеність дорівнює нулю. Застосування закону поширення невизначеності до формули (4.D.4) дає таке модельне рівняння сумарної невизначеності:

$$u^2 C_{HFt,0,d,O_2,ref} = \left(\frac{\partial C_{HFt,0,d,O_2,ref}}{\partial C_{HFt,0,d}} \right)^2 \times u^2 C_{HFt,0,d} + \left(\frac{\partial C_{HFt,0,d,O_2,ref}}{\partial O_{2,mes}} \right)^2 \times u^2 O_{2,mes} \quad (4. D. 14)$$

Коефіцієнти чутливості:

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d,O_2,ref}}{\partial C_{HFt,0,d}} \right)^2 = \left(\frac{21 - O_{2,ref}}{21 - O_{2,mes}} \right)^2 = 1,1494$$

$$\left(\frac{\partial C_{HFt,0,d,O_2,ref}}{\partial O_{2,mes}} \right)^2 = \left(\frac{21 - O_{2,ref}}{(21 - O_{2,mes})^2} \right)^2 \times C_{HFt,0,d} = 4513,98 \quad (4. D. 15)$$

Формула (4.D.14) набуває такого вигляду:

$$u_2(C_{HFt,0,d,O_2,ref}) = C_{HFt,0,d,O_2,ref} \times \sqrt{\frac{u^2(C_{HFt,0,s})}{C_{HFt,0,s}} \times \frac{u^2(O_{2,mes})}{(20,9 - O_{2,mes})}} \quad (4. D. 16)$$

4.D.4.3 Результати обчислення стандартної невизначеності

Таблиця 4.D.3. – Результати обчислення стандартної невизначеності

Робоча характеристика	Стандартна невизначеність	Відносна стандартна невизначеність
Об'єм розчину для поглинання	$u(v_s) = \sqrt{\left(\frac{1,4}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{2}{2\sqrt{3}}\right)^2 + 0,5^2} = 1,112$	$\frac{u(v_z)}{v_z} = 0,0056$
Визначення кількості Q_{HF1} на фільтрі	$s_R = 0,31 C + 37$, де $C = 0,6492/2$ мг/г	0,371
Визначення кількості Q_{HF2} в розчині для поглинання	$s_R = 10,13 C - 0,2075$, де $C = 2,131$ мг/л	0,087
Об'єм газу, відібраного з основної лінії	$u(V_{ml,s}) = \sqrt{\left(\frac{0,75 \times 1,584}{100}\right)^2 + \left(\frac{0,3 \times 1,584}{100}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{100} \times 1,584}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,00$	$\frac{u(V_{ml,d})}{(V_{ml,d})} = 0,010$

Об'єм газу, відібраного з додаткової лінії	$u(V_{m2,s}) = \sqrt{\left(\frac{0,75 \times 0,119}{100}\right)^2 + \left(\frac{0,3 \times 0,119}{100}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{100} \times 0,119}{\sqrt{3}}\right)^2} = 0,00$	$\frac{u(V_{m2,d})}{(V_{m2,d})} = 0,0121$
Температура на лічильнику об'єму газу на основній лінії	$u(T_{m1}) = \sqrt{(0,5)^2 + \left(\frac{0,1}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,10^2} = 0,52K$	$\frac{u(T_{m1})}{T_{m1}} = 0,0017$
Температура на лічильнику об'єму газу на додатковій лінії	$u(T_{m2}) = \sqrt{(0,5)^2 + \left(\frac{0,1}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{0,2}{\sqrt{3}}\right)^2 + 0,23^2} = 0,56K$	$\frac{u(T_{m2})}{T_{m2}} = 0,0017$
Відносний тиск на газовому лічильнику на основній лінії	$u(P_{rel1}) = \sqrt{(0,3)^2 + \left(\frac{0,01}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{0,9}{100 \times 200}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1,5}{100 \times 200}}{\sqrt{3}}\right)^2} = 2,083\text{Па}$	$\frac{u(P_{rel1})}{P_{m1}} = 2,08 \times 10^{-5}$
Відносний тиск на газовому лічильнику на додатковій лінії	$u(P_{rel2}) = \sqrt{(0,3)^2 + \left(\frac{0,01}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1,4}{100 \times 200}}{\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\frac{1}{100 \times 200}}{\sqrt{3}}\right)^2} = 2,027\text{Па}$	$\frac{u(P_{rel2})}{P_{m2}} = 2,02 \times 10^{-5}$
Атмосферний тиск	$u(P_{rel1}) = \sqrt{\left(\frac{300}{2\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{20}{2\sqrt{3}}\right)^2} = 173,3\text{Па}$	$\frac{u(P_{atm})}{P_{m1}} = 0,0173$ $\frac{u(P_{atm})}{P_{m2}} = 0,0173$
Виміряна концентрація O_2	$u(O_{2,mes}) = \frac{6/100}{2} \times 12,3 = 0,369\%об.$	$u(O_{2,mes}) = 0,369\%об.$

Результат обчислення сумарної стандартної невизначеності, пов'язаної з вимірюванням загальної концентрації HF у сухому газі за стандартних умов відповідно до формули (4.D.12), становить:

$$u_c(C_{HFt,0,d}) = 378,1 \text{ мкг/м}^3$$

Розширена невизначеність, пов'язана з вимірюванням загальної концентрації HF у сухому газі за стандартних умов:

— абсолютне значення $U_c(C_{HFt,0,d}) = 756 \text{ мкг/м}^3$

— відносне значення $U_{c,rel}(C_{HFt,0,d}) = 17\%$

Розширена невизначеність $U_{c,rel}(C_{HFt,0,d})$ є нижчою за максимально допустиму розширену невизначеність, установлену цим технічним стандартом.

Перерахунок за стандартного значення кисню.

Сумарна стандартна невизначеність, пов'язана з вимірюванням загальної концентрації HF у сухому газі за стандартних умов та за стандартного вмісту кисню:

$$u_c(C_{HFt,0,d,O_2,ref}) = 484,6 \text{ мкг/м}^3$$

Розширена невизначеність, пов'язана з вимірюванням загальної концентрації HF у сухому газі за стандартних умов та за стандартного вмісту кисню:

— абсолютне значення: $U_c(C_{HFt,0,d,O_2,ref}) = 484,6 \text{ мкг/м}^3$

— відносне значення: $U_{c,rel}(C_{HFt,0,d,O_2,ref}) = 19,4\%$