

ОГОЛОШЕННЯ

про проведення відкритих торгів
UA-2022-07-07-005079-a

Найменування замовника:	ДП "УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ"
Категорія замовника:	Юридична особа, яка забезпечує потреби держави або територіальної громади
Ідентифікаційний код замовника в ЄДР:	02568182
Місцезнаходження замовника:	м.Київ, ВУЛИЦЯ МЕТРОЛОГІЧНА, будинок 4, Київ, Київська область, 03143, Україна
Контактна особа замовника, уповноважена здійснювати зв'язок з учасниками:	KRUTOFF@UKRCSM.KIEV.UA, 380445260116, Крутов Сергій Леонідович
Вид предмета закупівлі:	Послуги
Назва предмета закупівлі:	Дослідницькі послуги (Послуги з дослідження термодинамічних процесів НДЕТУ М-08-2020)
Код за Єдиним закупівельним словником:	ДК 021:2015:73110000-6: Дослідницькі послуги

Назва номенклатурної позиції предмета закупівлі	Код згідно з Єдиним закупівельним словником, що найбільше відповідає назві номенклатурної позиції предмета закупівлі	Кількість товарів або обсяг виконання робіт чи надання послуг	Місце поставки товарів або місце виконання робіт чи надання послуг	Строк поставки товарів, виконання робіт чи надання послуг
Послуги з дослідження термодинамічних процесів НДЕТУ М-08-2020	ДК 021:2015:73110000-6 — Дослідницькі послуги	1 посл	Україна, Відповідно до документації	до 14 листопада 2022

Умови оплати:

Подія	Опис	Тип оплати	Період, (днів)	Тип днів	Розмір оплати, (%)
-------	------	------------	----------------	----------	--------------------

Надання послуг	Замовник здійснює оплату послуг в розмірі 100% вартості Послуг протягом 10-ти банківських днів з дати підписання Сторонами акту здачі-приймання наданих послуг, за умови надходження бюджетних коштів	Післяоплата	10	Банківські	100
----------------	---	-------------	----	------------	-----

Очікувана вартість предмета закупівлі: 170 000,00 UAH

Джерело фінансування закупівлі:

Джерело фінансування закупівлі	Опис	Сума
Державний бюджет України		0 UAH

Розмір мінімального кроку пониження ціни: 850,00 UAH

Математична формула для розрахунку приведеної ціни (у разі її застосування): відсутня

Кінцевий строк подання тендерних пропозицій: 26 липня 2022 10:00

Мова тендерної пропозиції: українська

Дата та час розкриття тендерних пропозицій: відсутній , після завершення електронного аукціону

Дата та час проведення електронного аукціону: відсутній

Вид та умови надання забезпечення пропозицій учасників: відсутні

Розмір та умови надання забезпечення виконання договору про закупівлю: відсутні

**Обґрунтування вартості послуги з дослідження термодинамічних процесів
НДЕТУ М-08-2020**

(код за ДК 021:2015 73110000-6 «Дослідницькі послуги»)

Предметом закупівлі є Послуги з дослідження термодинамічних процесів НДЕТУ М-08-2020. Державні первинні еталони створюються як унікальні комплекси в одиничних екземплярах.

Науково-технічною основою забезпечення єдності вимірювань у державі, що сприяє захисту інтересів споживачів, підвищенню точності обліку енергоресурсів, розвитку міжнародної торгівлі, наукової та виробничої сфери економіки є еталонна база. При цьому на сьогодні виникла необхідність підвищення точності відтворення одиниць еталonom, у тому числі розширення діапазону вимірювання. У пошуках шляхів такої модернізації фахівці ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» дійшли висновку щодо необхідності проведення досліджень термодинамічних процесів відтворення одиниць еталonom, стабільність та передбачуваність яких є критично важливими для забезпечення повторюваності результатів вимірювання.

Внаслідок складності термодинамічних процесів та кореляції впливних величин (зокрема тиску і температури потоку газу), провести дослідження останніх доцільно методами математичного моделювання фізичних процесів з застосуванням, у тому числі, методів обчислювальної термодинаміки, що вимагає залучення наукової школи з відповідним досвідом, який наявний у Львівської політехніки.

Враховуючи вищезазначене, листом від 07.02.2022 р. № 39-21/22 (копія додається) ДП «УКРМЕТРТЕСТСТАНДАРТ» звернулося до Національного університету щодо участі фахівців Науково-дослідної лабораторії автоматизації технологічних процесів та обліку енергоносіїв щодо залучення фахівців до проведення досліджень еталона, на що листом від 28.02.2022 р. № 68-50-103 (копія додається) було отримано схвальну відповідь щодо виконання досліджень та надано орієнтовну вартість проведення робіт, яка складає 170 тис. грн.

Заступник начальника відділу № 39

(посада)

(підпис)

Андрій РАК

(ПІБ)

1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО ПРОЄКТ

У так званих PVTt-системах (Pressure, Volume, Temperature, and time) [1, 2] величина витрати газу визначається по часу наповнення газом деякого контрольного об'єму. Робота PVTt-установки здійснюється наступним чином (рис. 1). Первинно впускний клапан 4 закритий, і при відкритому байпасному клапані 3 встановлюється стабілізований потік через сопло критичного витоку 1, що калібрується, з необхідним перепадом тиску. За допомогою вакуумного насоса зі збірного резервуара 5 відкачується газ до необхідної величини вакууму та підтримується певний час для стабілізації його термодинамічних параметрів, за яким при відомого об'ємі збірного резервуара визначається маса газу у резервуарі перед вимірюванням. Після закриття байпасного клапана та відкриття впускного клапана відбувається наповнення збірного резервуара до досягнення в ньому заданому тиску. Потім впускний клапан закривається, а після періоду стабілізації термодинамічних параметрів газу у резервуарі вимірюються температура і тиск газу, за якими визначають кінцеву масу газу в резервуарі, а в підсумку його середню витрату за період вимірювання [1, 2]. Для прискорення процесу стабілізації термодинамічних параметрів газу в збірному резервуарі може застосовуватися вентилятор 6 (рис. 1) або згаданий резервуар занурюють у водяну ванну з умовно фіксованою температурою. PVTt-установки зазвичай застосовуються для калібрування сопел критичного витоку, так як при підтримці надкритичного перепаду тиску об'ємна витрата газу залишається постійною величиною навіть в умовах зміни параметрів газу при наповненні збірного резервуара. Особливістю PVTt-системи є відсутність механічних рухомих вузлів, що потенційно дозволяє досягти високої точності. Натомість складність створення таких систем обумовлена наявністю перехідних процесів при наповненні збірного резервуара, різкою зміненою параметрів газу, складністю стабілізації та підтримки його температури, необхідністю точного геометричного визначення об'єму та розмірів збірного резервуара при заповненні його газом під високим тиском.

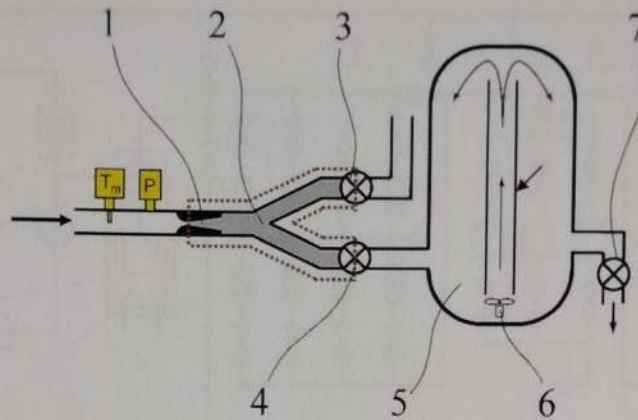


Рисунок 1. Принципова схема еталонної PVTt-установки

Умовні позначення:

- 1 – критичне сопло, що калібрується
- 2 – додатковий (приєднаний) об'єм
- 3 – байпасний клапан
- 4 – впускний клапан
- 5 – збірний (еталонний) резервуар
- 6 – вентилятор
- 7 – клапан вакуумного насосу.

2. ОПИС ПРОЄКТУ

Державний первинний еталон одиниць об'єму та об'ємної витрати газів у діапазоні тиску від 1 МПа до 5 МПа, побудований як класична PVTt установка. Потік газу, що проходить через сопло критичного витоку під час калібрування, заповнює вакуумований збірний резервуар протягом визначеного часового інтервалу. Масова витрата розраховується множенням об'єму збірного резервуару на зміну густини газу і діленням на часовий інтервал вимірюваного циклу. Зміну густини газу у збірному резервуарі визначають через рівняння стану та значення тиску та температури, виміряні на початку та в кінці вимірювального циклу. Структурно-функційну схему еталона показано на рис. 2.

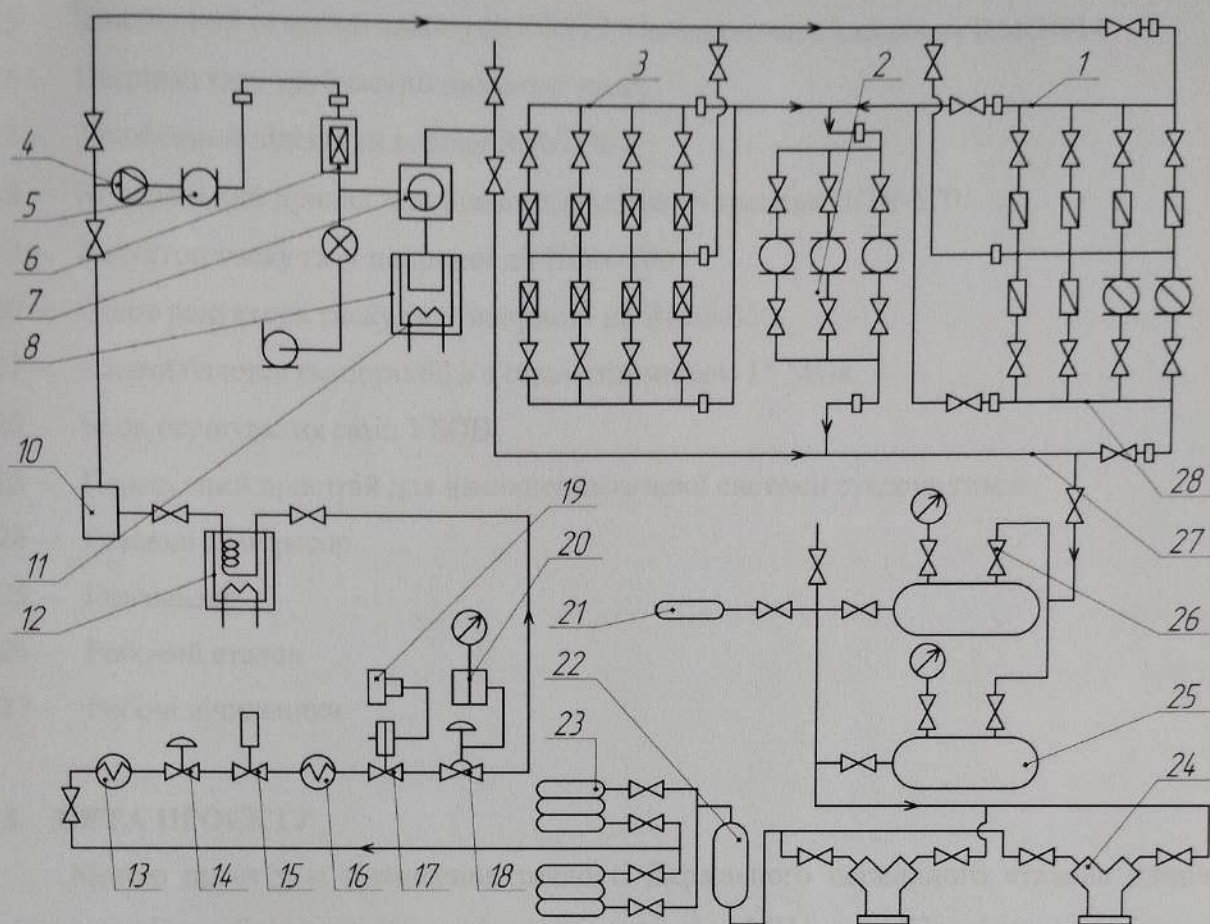


Рисунок 2. Структурно-функціональна схема Державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газів у діапазоні тиску від 1 МПа до 5 МПа

Умовні позначення:

- 1 – Блок еталонних вимірювальних комірок з робочими еталонними соплами та робочих еталонних лічильників
- 2 – Компаратор витрати
- 3 – Кран кульовий
- 4 – Блок еталонних вимірювальних комірок з первинними еталонними соплами
- 5 – Вентиль регулюючий
- 6 – Вимірювальний пристрій для калібрування первинних еталонних сопел
- 7 – Швидкодіючий триходовий кульовий кран (перемикач потоку газу)
- 8 – Вакуумнасос
- 9 – Накопичувальна ємність
- 10 – Термостат водяний
- 11 – Фільтр тонкого очищення
- 12 – Теплообмінник
- 13 – Нагрівач газу трубчастий високого тиску
- 14 – Редуктор тиску прямої дії HON-214

- 15 – Запобіжний скидний клапан HON-873 з контрольним клапаном RMG-914
- 16 – Нагрівач газу трубчастий низького тиску
- 17 – Запобіжний відсічний клапан RMG-704
- 18 – Контрольний прилад запобіжного відсічного клапана HON-670
- 19 – Редуктор тиску газу непрямої дії HON-200
- 20 – Пілот редуктора тиску газу непрямої дії RMG-650
- 21 – Касета балонів ємністю 80 л з газом під тиском 15 МПа
- 22 – Блок осушування газів УБОВ
- 23 – Пересувний пристрій для наповнення газової системи еталона газом
- 24 – Газовий компресор
- 25 – Газгольдер
- 26 – Робочий еталон
- 27 – Робочі лічильники

3. МЕТА ПРОЄКТУ

Метою проєкту є підвищення точності Державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газів у діапазоні тиску від 1 МПа до 5 МПа шляхом дослідження та подальшого врахування впливу термодинамічних процесів (алгоритмічним або конструктивним способом), що виникають при заповненні збірного резервуара газом під тиском шляхом пропускання потоку через сопло критичного витоку.

4. ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ПРОЄКТУ

Розробити математичні моделі термодинамічних процесів, які узгоджуватимуться з емпіричними результатами досліджень та дозволять оцінити вклад додаткових складників невизначеності у результат вимірювання Державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газів у діапазоні тиску від 1 МПа до 5 МПа.

Ґрунтуючись на результатах математичного моделювання та глибокого розуміння термодинамічних процесів розробити пропозиції щодо внесення змін у конструкцію та алгоритми керування еталонною установкою, що дозволять мінімізувати невизначеність вимірювання в усьому діапазоні відтворюваних еталонном витрат.

5. ДЕТАЛЬНИЙ ЗМІСТ ПРОЄКТУ

5.1 Розробити методологію оцінки внутрішнього об'єму еталонного резервуара гравіметричним методом, що полягає у визначенні зміни маси резервуару з газом відомого

хімічного складу за відомих тиску та температури до та після наповнення з нього досліджуваного резервуару.

Як основа математичної моделі має бути використане рівняння:

$$V_T = \frac{\Delta M}{\rho_{\text{рез}}^{\text{кінц}} - \rho_{\text{рез}}^{\text{поч}}} - V_C,$$

де ΔM – зміна маси резервуару з газом після його перекачування у досліджуваний резервуар; $\rho_{\text{рез}}^{\text{кінц}}$ – кінцева густина газу резервуарі; $\rho_{\text{рез}}^{\text{поч}}$ – початкова густина газу резервуарі; V_C – приєднаний об'єм, що визначається об'ємом сполучної арматури між досліджуваним резервуаром та резервуаром з газом під тиском.

Розроблений метод повинен компенсувати плавучість (виштовхувальну силу), що виникає при зважуванні у повітрі та має містити рекомендації щодо визначення зовнішнього об'єму резервуара, наприклад шляхом занурення об'єкта дослідження у рідину з відомим значеннями густини.

Оцінити бюджет невизначеності запропонованого методу та розробити обмеження та/або рекомендації, що регламентуватимуть його правильне застосування з метою досягнення цільової невизначеності отриманого результату.

5.2 Розробити методологію оцінки внутрішнього об'єму еталонного резервуара методом об'ємного розширення, що полягає у заповненні вакуумованого досліджуваного резервуару газом з відомими значеннями тиску та температури з іншого резервуару, параметри стану газу у якому є відомими.

Як основа математичної моделі має бути використане рівняння:

$$V_T = \frac{(\rho_{\text{рез}}^{\text{кінц}} - \rho_{\text{рез}}^{\text{поч}})V}{(\rho_{\text{рез}}^{\text{поч}} - \rho_{\text{рез}}^{\text{кінц}})} - V_C,$$

де V – відомий об'єм резервуару, що був застосований для наповнення досліджуваного резервуару; $\rho_{\text{рез}}^{\text{кінц}}$ – кінцева густина газу резервуарі; $\rho_{\text{рез}}^{\text{поч}}$ – початкова густина газу резервуарі; V_C – приєднаний об'єм, що визначається об'ємом сполучної арматури між досліджуваним резервуаром та резервуаром з газом під тиском.

Математична модель повинна містити оцінку невизначеності запропонованого методу та обмеження та/або рекомендації, що регламентуватимуть його правильне застосування з метою досягнення цільової невизначеності отриманого результату.

5.3 Розробити математичну модель оцінки маси у досліджуваному резервуарі, для аналізу згасаючих термодинамічних процесів у ізольованому резервуарі. Математична модель повинна дозволити проводити оцінку часу, необхідного для стабілізації термодинамічних процесів у еталонному резервуарі. Розробити рекомендації щодо

конструктивних або математичних рішень, що дозволять зменшити час стабілізації, необхідний для врівноваження згаданих вище просторових градієнтів.

5.4 Розробити математичну модель визначення вимірювального інтервалу, що повинна застосовуватися для вибору точки початку та завершення відліку вимірювального інтервалу та яка повинна базуватися на мінімізації впливу приєднаної маси газу. Як критерій оцінки може бути застосований принцип рівності густини на початку та в кінці вимірювального циклу, визначеної для приєданого об'єму. Математична модель повинна включати в себе оцінку невизначеності вимірювання основного часового інтервалу та алгоритм оцінки часового інтервалу корекції, викликаній необхідністю урахування часу закриття (або відкриття) клапанів, що керують потоком середовища. Зокрема, необхідно надати математично обґрунтовану модель оцінки необхідної роздільної здатності вимірювання часового інтервалу та оцінити його сумарний вклад у результат вимірювання.

5.5 Розробити рекомендації щодо місць оптимального розташування (орієнтації) перетворювачів тиску та температури у збірному резервуарі та приєданому об'ємі, у тому числі алгоритму вимірювань та характеристик застосовуваних перетворювачів тиску та температури, що включатиме рекомендації щодо їх швидкодії (часу реакції). Запропонувати методи оцінки вкладу характеристик швидкодії перетворювачів тиску та температури в сумарну невизначеність результату вимірювання. Для прикладу, при розробленні емпіричної моделі оцінки впливу постійної часу перетворювача тиску може бути застосована модель, описана у [3].

5.6 Розробити звід рекомендацій щодо практичного впровадження отриманих результатів досліджень, зокрема (але не виключно) шляхом внесення змін у конструкцію (довжини та діаметри трубопроводів, що визначають величину приєданого об'єму), математичний апарат та алгоритми керування еталоном (вибір часу початку та завершення вимірювального циклу, оцінка часу термодинамічної стабілізації еталонного резервуару), що покликані мінімізувати невизначеність результатів вимірювання.

6. НОВИЗНА ПРОЄКТУ

Наукова цінність проєкту полягає у розробленні науково обґрунтованих принципів побудови еталонів PVTt класу, що базуватимуться на мінімізації впливу складних термодинамічних процесів на невизначеність результатів вимірювання.

7. МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження повинні бути проведені з застосуванням методів математичного моделювання термодинамічних процесів, що виникають при заповненні

збірного резервуара газом під тиском шляхом пропускання потоку через сопло критичного витоку. Отримані результати повинні узгоджуватися з набором емпіричних даних, отриманих при проведенні практичних досліджень еталона.

8. ПЕРЕЛІК ДОКУМЕНТІВ, ЩО ПОДАЮТЬСЯ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЄКТУ

За результатами проведених експериментальних досліджень та обробки їх результатів Виконавець оформлює звіт, який повинен містити висновки щодо довготривалої стабільності характеристик НДЕТУ ЕМ-01-2019.

Роботи, які пов'язані з подачею напруги на обладнання НДЕТУ ЕМ-01-2019, повинні виконуватись у присутності представника Замовника. Замовник надає вимірювальні прилади, які відсутні у Виконавця, для проведення дослідження державного еталона.

9. ПРАКТИЧНА КОРИСНІСТЬ

Практичне значення одержаних результатів буде полягати в можливості використання логічно доведених до рівня конкретних пропозицій результатів дослідження внесення науково обґрунтованих змін у конструкцію та алгоритми керування еталоном. Результати дослідження слугуватимуть основою для подальшого розвитку теоретичних знань у побудові еталонних установок PVTt класу. Висновки та практичні рекомендації будуть використані у роботі спеціалістами у галузі вимірювання об'єму та витрати природного газу. Підвищення точності вимірювання Державного первинного еталона одиниць об'єму та об'ємної витрати газів у діапазоні тиску від 1 МПа до 5 МПа сприятиме поглибленню торгових та економічних відносин із зарубіжними країнами, спільній розробка науково-технічних програм у галузі використання природного газу, інтеграції та кооперуванню виробництва між країнами внаслідок підвищення взаємної довіри до результатів вимірювання.

10. ДОДАТКОВІ ВИМОГИ

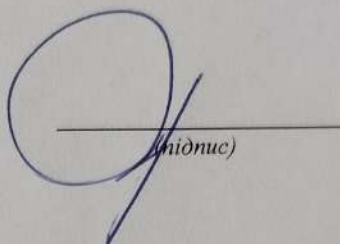
Місце надання послуг: територія Виконавця.

11. СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1) Johnson A.N., Johansen B. U.S. National Standards for High Pressure Natural Gas Flow Measurement [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/237625396_US_National_Standards_for_High_Pressure_Natural_Gas_Flow_Measurement

- 2) Johnson A.N., Wright J.D. NIST Measurement Services: Gas Flowmeter Calibrations with the 26 m³ PVTt Standard [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ws680.nist.gov/publication/get_pdf.cfm?pub_id=830939
- 3) Wright J. D. and Johnson, A. N., Uncertainty in Primary Gas Flow Standards Due to Flow Work Phenomena, FLOMEKO, Salvador, Brazil (2000).
- 4) A. Bejan, Convection Heat Transfer, John Wiley and Sons, 1st edition 1984

Заступник начальника відділу № 39
(посада)



підпис

Андрій РАК
(Власне ім'я та ПРІЗВИЩЕ)