

УДК 681.121.089

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОБМІННИХ ПРОЦЕСІВ НА ПЕРЕВІРКУ ГЕРМЕТИЧНОСТІ ЕТАЛОННИХ УСТАНОВОК ОБ'ЄМУ ГАЗУ

В.С.Воцинський¹⁾, О.Є.Середюк²⁾, М.С.Андрук²⁾, Т.В.Лютенко²⁾

1)- Товариство з обмеженою відповідальністю «Івано-Франківське спеціальне конструкторське бюро засобів автоматизації», а/с 241,

м.Івано-Франківськ, 76018, e-mail: skbza@ukr.net

2)- Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, вул. Карпатська, 15, м.Івано-Франківськ, 76019

Проаналізована допустима зміна вимірюваного об'єму газу внаслідок негерметичності пневматичної системи еталонної установки і лічильників газу, при виборі якої необхідно враховувати значення контрольного об'єму, який пропускається через лічильник газу при його повірці, а також час повірки, робочий тиск в установці, допустиме значення похибок лічильників газу і установки. Отримана математична модель теплообмінних процесів для пневматичної системи еталонних установок, яка дає можливість визначити час завершення теплообмінних процесів для вибору моменту початку вимірювального процесу з врахуванням допустимого значення негерметичності.

Ключові слова: еталонна установка, лічильник газу, герметичність, витоки газу, теплообмін, похибка.

Проанализировано допустимое изменение измеряемого объема газа вследствие негерметичности пневматической системы эталонной установки и счетчиков газа, при выборе которого необходимо учитывать значение пропускаемого контрольного объема при поверке счетчика газа. В этих условиях также необходимо учитывать длительность поверки, рабочее давление в установке, допустимые значения погрешностей счетчиков газа и установки. Получена математическая модель теплообменных процессов для пневматической системы эталонных установок, которая обеспечивает возможность определения длительности завершения теплообменных процессов для выбора начала измерительного процесса с учетом допускаемого значения негерметичности.

Ключевые слова: эталонная установка, счетчик газа, герметичность, утечки газа, теплообмен, погрешность.

Analyzed permissible change of the measured volume of gas due to leakage of the pneumatic system and standard installation of gas meters, the choice of which must take into account the value of the transmitted control volume during calibration of the gas meter. Under these conditions must also be taken into account the duration of the calibration, the operating pressure in the installation, the allowable values of error of gas meters and installations. Received the mathematical model of heat transfer processes for the pneumatic system of standard setting, which provides the ability to determine the duration of the completion of heat exchange processes for the choice of the measurement process in view of acceptable leakage.

Keywords: reference installation, gas meter, leak, gas leak, heat transfer, error.

Вступ. В умовах глобалізації світового ринку природний газ належить до стратегічних видів продукції. Широке використання його в побуті і в багатьох галузях промисловості зумовлює зростання ціни на газ на світовому ринку, що вимагає точного його обліку. Тому сьогодні, як ніколи раніше, точне передавання одиниці об'єму до лічильників газу при їх первинній і періодичній повірках є актуальною

задачею. Достовірність результатів повірки лічильників газу неможливо досягнути без герметичної внутрішньої порожнини еталонних установок для повірки лічильників газу.

В нормативному документі [1] показнику герметичності при повірці лічильників газу приділено недостатньо уваги - не конкретизовано основні вимоги, хоча стверджується про необхідність перевіряння

герметичності. Крім того, окремі кількісні характеристики показників, які впливають на герметичність, практично не регламентуються. Одним із таких показників є зміна тиску в замкненій системі еталонної установки, яка впродовж 3-5 хвилин не повинна бути виявленою [2]. В інструкції на перевірку мембранних лічильників газу [3] зроблені спроби нормувати показник герметичності за зміною тиску за певний час, але теоретичне обґрунтування і експериментальне підтвердження цих значень практично відсутнє.

Як відомо, в кожній еталонній витратимірювальній установці для метрологічних досліджень лічильників газу можна виділити пневматичну систему, яка формується об'ємом вузла чи конструктивного елемента відтворення або вимірювання об'єму чи витрати газу і об'ємом вимірювального трубопроводу, де монтується на період випробування досліджуваній лічильник газу. Далі будемо називати цю частину еталонних установок пневматичною системою. Тому очевидним є те, що пневматична система установки для перевірки лічильників газу разом із лічильником або лічильниками газу повинні бути герметичними для забезпечення достовірності результатів перевірки.

Постановка задачі. Основні схеми еталонних установок для перевірки лічильників газу наведені в [4]. За способом створення потоку газу їх можна розділити на дві групи. В установках дзвонового або поршневого типу для перевірки лічильників газу створюється надлишковий тиск, який перевищує гідравлічні втрати тиску в лічильниках при їх функціонуванні. Такі установки можна віднести до установок низького або високого надлишкового тиску. В деяких конструкціях установок з еталонними лічильниками газу [5] та установках із критичними соплами [4] створюють розрідження на деяку величину, які можна віднести до установок з пониженим робочим тиском (менше атмосферного). Тут зауважимо, що випробування на герметичність для лічильників газу [6-8] є обов'язковим, але недостатнім при їх перевірці на еталонних установках. Так як перевірка лічильників газу на відповідних установках повинна гарантувати достовірність отриманих значень їх похибки, а негерметичність пневматичної системи може вносити певні небажані неточності в оцінювання похибки лічильників газу, то нормування допустимих значень негерметичності пневматичних систем установки в нормативній документації повинно

бути обов'язковим.

Крім того, теплообмінні процеси, які проходять в пневматичних системах установки, вимагають часу на їх завершення або стабілізацію, наприклад, при зміні робочого тиску, що потребує врахування протікання цього процесу і є надзвичайно важливим аргументом при визначенні ступені негерметичності системи.

Метою роботи є розроблення математичної моделі теплообмінних процесів в пневматичних системах еталонних установок та дослідження тривалості часу завершення теплообмінних процесів для вибору моменту початку вимірювального процесу з врахуванням допустимого значення негерметичності.

Аналіз сучасного стану нормування показників герметичності в еталонних установках. Згідно нормативних документів [3,9,10] герметичність пневматичної системи установок надлишкового тиску з змонтованим для випробування лічильником вважають герметичною, якщо при закритому вихідному отворі витік повітря з неї менший від об'єму, що за час метрологічної перевірки лічильників газу не перевищуватиме 0,1% від пропущеного об'єму за найменшої витрати, при якій випробовується лічильник, або якщо витік повітря не більший $0,1 \text{ дм}^3/\text{год}$.

При перевірці герметичності пневматичної системи в установках з пониженим робочим тиском, яка складається з повірочної лінії з еталонними лічильниками газу та лічильниками, які випробовують, створюють в системі розрідження $1200 \dots 1500 \text{ Па}$, перекривають вихідний отвір установки і витримують установку впродовж не менше 30 хвилин. При перевірці установки на герметичність зміна температури робочого середовища не повинна перевищувати $0,2^\circ\text{C}$. Установку вважають герметичною, якщо при випробуванні розрідженням протягом останніх 10 хвилин покази засобів вимірювання тиску не змінилися або витік повітря з установки був менший від двох величин: $0,1 \text{ дм}^3/\text{год}$ або об'єму, що не перевищує 0,1% від пропущеного об'єму за найменшої витрати [11].

Методи та засоби контролю негерметичності, які зазначені в [3,9-11] є недосконалими, так як не передбачають визначення конкретної тривалості часу на стабілізацію теплообмінних процесів повітря при зміні тиску.

Час $t_{\text{п}}$, який необхідний для перевірки лічильників газу, встановлюється в технічних умовах і методиках перевірки на відповідні типи

лічильників газу і визначається за формулою:

$$t_{п} = V_o / Q_o, \text{ с}, \quad (1)$$

де V_o - контрольний об'єм, м³, Q_o - значення витрати газу, на якій повіряють лічильник, м³/с.

Приклади розрахунку тривалості повірки за формулою (1) подані в табл.1.

Таблиця 1 - Тривалість повірки $t_{п}$ лічильників газу в залежності від витрати та вибраного контрольного об'єму

Типо-розмір лічильника	Мінімальна витрата			Максимальна витрата		
	Q_{mi} $n,$ м ³ /Г од	$V_o,$ м	$t_{п},$ с	Q_{ma} $x,$ м ³ / год	$V_o,$ м ³	$t_{п},$ с
G 1,6	0,01 6	0,0 2	450 0	2,5	0,05	72
G 2,5	0,02 5	0,0 2	288 0	4,0	0,10	90
G 4,0	0,04 0	0,0 2	180 0	6,0	0,10	57,6
G 6,0	0,06 0	0,0 2	120 0	10,0	0,20	72
G 10	0,10 0	0,0 2	720 0	16,0	0,20	45

Нормування показників герметичності для лічильників газу в [6-8] відсутнє і стверджується, що витіки не повинні спостерігатися. В літературі [12-15] описуються методики нормування герметичності з врахуванням вимірювання потоку витоку газу. Зокрема, в стандарті [13] норма герметичності визначається як найбільша сумарна витрата через негерметичність посудин, при якій забезпечується працездатність посудини або приладу відповідно до нормативної документації на даний прилад або посудину. Тому на думку авторів, такий підхід до досягнення поставленої мети може вирішити задачу нормування параметрів герметичності.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, абсолютна герметичність є недосяжною, тому її необхідно розглядати як поняття відносне і можна стверджувати тільки про ступінь герметичності. При цьому необхідна ступінь герметичності пневматичної системи характеризується найменшими значеннями витікання робочого середовища для установок надлишкового тиску і притоку повітря з навколишнього середовища – для установок з пониженим робочим тиском, що встановлюють за результатами контролю. Кількісну величину локального витікання характеризують об'ємом повітря, який витікає за одиницю часу в

атмосферу (або поступає в установку з атмосфери в установках, які функціонують при тисках менших від атмосферного).

Одним із найбільш поширених методів перевірки герметичності є метод врахування зміни тиску і, відповідно, зміни контрольного об'єму газу в пневматичній системі разом з досліджуваними приладами [12].

Для визначення як стаціонарних, так і нестаціонарних газових витоків можна застосовувати таке рівняння в диференціальній формі, яке враховує зміну тиску та об'єму в ємності при витіканні з неї газу [12]:

$$q = \frac{d(PV)}{dt} = P \frac{dV}{dt} + V \frac{dP}{dt}, \quad (2)$$

де q - потік витоку газу через нещільності пневматичної системи, м³Па/с, P , V - тиск і об'єм газу в системі відповідно, dV/dt , dP/dt - швидкості зміни в часі об'єму і тиску газу відповідно.

Відповідно до рівняння (2) для розрахунку потоків газу можна використовувати два методи: постійного тиску і постійного об'єму. При $P = const$ потік газу становить:

$$q_p = PdV/dt, \quad (3)$$

а його вимірювання здійснюється по швидкості зміни об'єму в камері з постійним тиском. Це явище має місце при перевірці герметичності дзвонових установок, в яких значення тиску визначається вагою дзвона [16].

При $V = const$ потік газу можна записати $q_v = VdP/dt$, а його вимірювання здійснюється за швидкістю зміни тиску газу в системі постійного об'єму, наприклад, в установках з робочими еталонами [5,11].

Виходячи із рівняння (2) витіки газу через негерметичність пневматичної системи можна визначити аналогічно до [13] як зміну потоку Δq при зміні об'єму газу ΔV за час τ під дією тиску P в пневматичній системі, тобто:

$$\Delta q = \Delta V / \tau \cdot P. \quad (4)$$

Із наведеного аналізу стає зрозумілим, що допустима зміна об'єму внаслідок негерметичності пневматичної системи установок для повірки лічильників газу і лічильників газу повинна бути такою, щоб не впливати на достовірність результатів повірки лічильників газу. Тобто при реалізації такого підходу необхідно враховувати контрольний об'єм, який буде пропущений через лічильник газу при його повірці, тривалість часу повірки, тиск в пневматичній системі установки при

повірці лічильників газу з урахуванням допустимого значення похибки лічильників газу і установки.

Об'єм витoku повинен мати значення не більше 0,1% від контрольного об'єму V_0 при мінімальній витраті лічильника газу [10, 11], тобто допустиме значення витoku або натікання в пневматичній системі не повинно перевищувати $0,001V_0$. Так, наприклад, при контрольному об'ємі $V_0=0,02 \text{ м}^3$ для побутових лічильників газу допустиме значення об'єму витoku не повинно перевищувати $\Delta V = 2 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$ за час повірки лічильника газу $t=4500 \text{ с}$ (табл.1).

Більш точними вимірюваннями в нашому випадку є параметр зміни тиску ΔP при зміні контрольного об'єму V_0 . Тому доцільно нормувати параметр ΔP за час τ перевірки герметичності системи.

Приймаючи процес ізотермічним, можна вважати пропорційними зміни тиску і зміни об'єму, тобто $\Delta P/P = \Delta V/V$. Тому допустиме значення різниці тиску ΔP при допустимій зміні об'єму ΔV за певний час при заданому тиску P в системі можна визначити за формулою:

$$\Delta P = \Delta V / V \quad P. \quad (5)$$

Так як перевірку герметичності установок необхідно здійснювати тільки після завершення теплообмінних процесів зупинимося більш детально на дослідженні саме цих процесів.

Змодельємо теплообмінні процеси, які проходять з повітрям під дзвоном еталонної установки для відтворення і вимірювання об'єму газу [4,10]. Зауважимо, що в установках з пониженим робочим тиском теплообмінні процеси будуть описуватися аналогічними законами.

При підготовчому процесі, тобто при заповненні дзвона його переміщення до верхнього положення здійснюють шляхом подачі повітря від вентилятора під тиском наповнення P_H більшим від робочого тиску $P_{роб}$ під дзвоном при пропусканні контрольного об'єму, при цьому $P_H = (1,03 \dots 1,05)P_{роб}$. Повітря під дзвоном в момент закінчення його наповнення характеризується абсолютним тиском - P_H і абсолютною температурою - T_H . Після завершення перехідного процесу у верхньому положенні дзвона тиск повітря під ним зміниться до $P_{роб}$ і, відповідно, зміниться температура до $T_{роб}$. Їх зміну можна подати згідно адіабатного процесу:

$$P \cdot T^{k(1-k)} = const, \quad (6)$$

де $k = C_p / C_v$ - показник адіабати, який записується через співвідношення теплоємностей повітря під дзвоном при постійному тиску C_p і постійному об'ємі C_v .

Тобто для згаданих двох станів газу $P_H \cdot T_H^{k(1-k)} = P_{роб} \cdot T_{роб}^{k(1-k)}$ можна визначити $T_{роб}$ за виразом:

$$T_{роб} = T_H \left(\frac{P_H}{P_{роб}} \right)^{\frac{(1-k)}{k}}. \quad (7)$$

Відомо, що температура під дзвоном буде зменшуватися від початкового значення T_H до температури елементів дзвону $T_{роб}$ (ємність з розділювальною рідиною та дзвін), так як температура цих елементів стабільна.

В процесі підготовки до випробування, тобто перед пропусканням контрольного об'єму, тиск під дзвоном $P_{роб}$ є величиною постійною за рахунок його стабілізації постійною вагою дзвона. Тоді термодинамічні процеси будуть протікати за ізобарним законом, коли змінюються тільки температура T під дзвоном, яка буде зменшуватися. При цьому буде виділятися певна кількість тепла:

$$dQ = C_p dT. \quad (8)$$

З другої сторони, за час dt кількість тепла, переданого повітрям під дзвоном від елементів дзвонної установки, знаходимо за відомою формулою Ньютона-Ріхмана:

$$dQ = -\alpha S (T - T_p) dt, \quad (9)$$

де α - коефіцієнт теплопередачі, який враховує вплив розділювальної рідини, ємності і поверхні дзвона; S - площа поверхні теплопередачі; T - температура повітря під дзвоном в будь-який момент t процесу температурної стабілізації, $T_{роб}$ - робоча температура елементів дзвонної установки, яка відповідає умовам її функціонування.

Прирівняємо рівняння (8) і (9) і отримаємо таке диференціальне рівняння:

$$C_p dT = -\alpha S (T - T_{роб}) dt, \quad (10)$$

яке запишемо у вигляді:

$$\frac{dT}{T - T_{роб}} = -\frac{\alpha \cdot S}{C_p} dt. \quad (11)$$

Після інтегрування виразу (11) отримаємо:

$$\ln(T - T_{роб}) = -\frac{\alpha S}{C_p} t + \ln C. \quad (12)$$

Враховуючи початкові умови, тобто $T=T_H$ при $t=0$, визначимо постійну інтегрування $C=(T_H-T_{роб})$. Далі з рівняння (12) з врахуванням постійної інтегрування можна отримати вираз, який описує стан повітря під дзвоном в процесі підготовки до пропускання контрольного об'єму, тобто при стабілізації робочих параметрів дзвонової установки.

$$T = T_{роб} + (T_H - T_{роб}) e^{\frac{\alpha S}{C_p} t} \quad (13)$$

Коефіцієнт α можна знайти із умови вимірювання температури під дзвоном $T=T_e$ впродовж часу експериментального дослідження t_e , тобто

$$\alpha = \frac{C_p}{S \cdot t_e} \left[\ln(T_H - T_{роб}) - \ln(T_e - T_{роб}) \right] \quad (14)$$

Тому далі при відомому значенні α можна записати залежність тривалості теплообмінних процесів до досягнення певної температури T повітря під дзвоном при відомих робочих температурах $T_{роб}$ і температурі повітря при наповненні дзвона T_H :

$$t = \frac{C_p}{S \cdot \alpha} \left[\ln(T_H - T_{роб}) - \ln(T - T_{роб}) \right] \quad (15)$$

Отримане рівняння (14) можна використати при експериментальному визначенні коефіцієнта теплопередачі α . В свою чергу рівняння (15) дозволяє визначати час витримки дзвона у верхньому положенні для вирівнювання температури повітря під дзвоном з робочою температурою вузлів дзвонової установки.

Для експериментальних досліджень була взята установка РЕОВГ-02 [17]. В ній здійснювався контроль параметрів: тиск під дзвоном P_H і температура під дзвоном T_H при завершенні наповнення дзвона, а також тиск P і температура під дзвоном T під час процесу стабілізації температури повітря і температура замкової рідини під дзвоном $T_{роб}$, яка характеризує температуру вузлів і елементів дзвону.

Результати дослідження наведені на рис.1. Використані константи для повітря становили: $C_p = 1,004 \text{ кДж} / (\text{кгК})$, $C_v = 0,716 \text{ кДж} / (\text{кгК})$ та $k = C_p / C_v = 1,401$. Експериментально визначений коефіцієнт теплопередачі α становить $\alpha = 4,61 \cdot 10^{-1} \text{ кДж} / \text{кг} \cdot \text{с}$.

З врахуванням фактичних конструктивних параметрів отримано зміну температури повітря під дзвоном (рис.1), яка характеризує теплообмінні процеси стосовно наближення температури повітря під дзвоном до робочої $T_{роб}$. Встановлено, що цей процес може мати досить великий час стабілізації. Критерієм завершення теплообмінних процесів повинно бути допустиме залишкове значення цієї зміни, наприклад $0,15^\circ\text{C}$.

В результаті експериментальних досліджень встановлено, що теплообмінні процеси в піддзвоновому просторі при нерухомому дзоні у верхньому положенні є суттєвими, а через $150 \dots 180 \text{ с}$ ці зміни є незначними і установка може бути використана в експлуатаційних умовах, тобто для перевірки лічильників газу або робочих еталонів.

Якщо взяти до уваги, що допустиму залишкову зміну температури повітря під дзвоном можна прийняти не більше як $0,15^\circ\text{C}$, тобто $0,05\%$, тоді відповідно зміна об'єму не буде перевищувати $0,02\%$.

Аналогічні експериментальні дослідження проведені авторами в установках з робочими еталонними лічильниками газу типу УПЛГ-10 [5,18], в яких експериментально встановлений час проходження теплообмінних процесів є близьким до $120 \dots 180 \text{ с}$.

Також в цього типі установок можна контролювати зміну тиску $P_{роб}$ в пневматичній вимірювальній лінії. Для таких експериментальних досліджень скористаємося залежністю (6) і визначимо значення $P_{роб}$ із двох станів газу, тобто:

$$P_{роб} = P_H \left(\frac{T_H}{T_{роб}} \right)^{k(1-k)} \quad (16)$$

Допустиме значення зміни тиску $\Delta P_{роб}$ може бути визначена за формулою (5) за час випробовування, яке також не повинно перевищувати $0,05\%$.

На рис.2 зображено процедуру перевірки герметичності пневматичної системи установки УПЛГ-10, реалізовану у відповідному програмному забезпеченні.

В нижній частині інтерфейсу (рис.2) видно відображення процесу перевірки герметичності в пневматичній системі установки УПЛГ-10. Вікно «таймер» відображає поточний час перевірки в секундах. Вікно «зміна тиску» відображає зміну тиску в кПа за пройдений час перевірки системи. Вікно «тиск в системі» відображає фактичний тиск в системі в кПа.

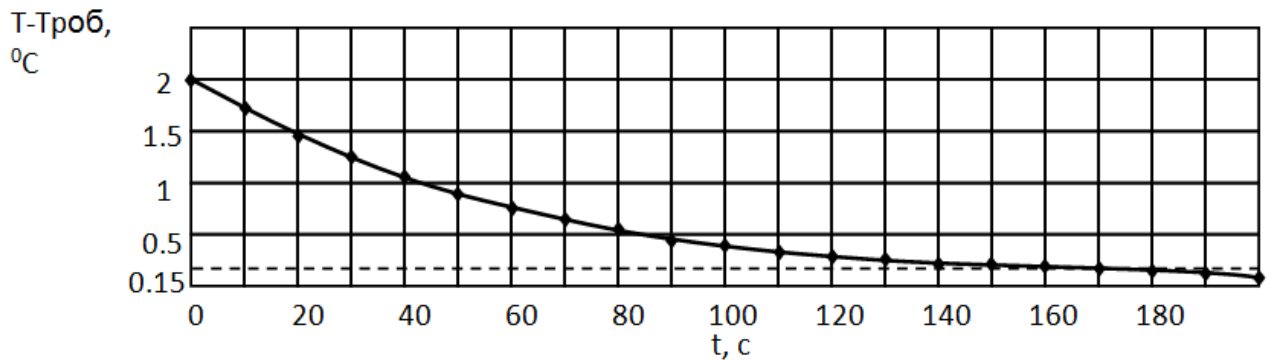


Рисунок 1 - Залежність зміни різниці температур повітря під дзвоном і робочої температури установки від тривалості теплообмінного процесу

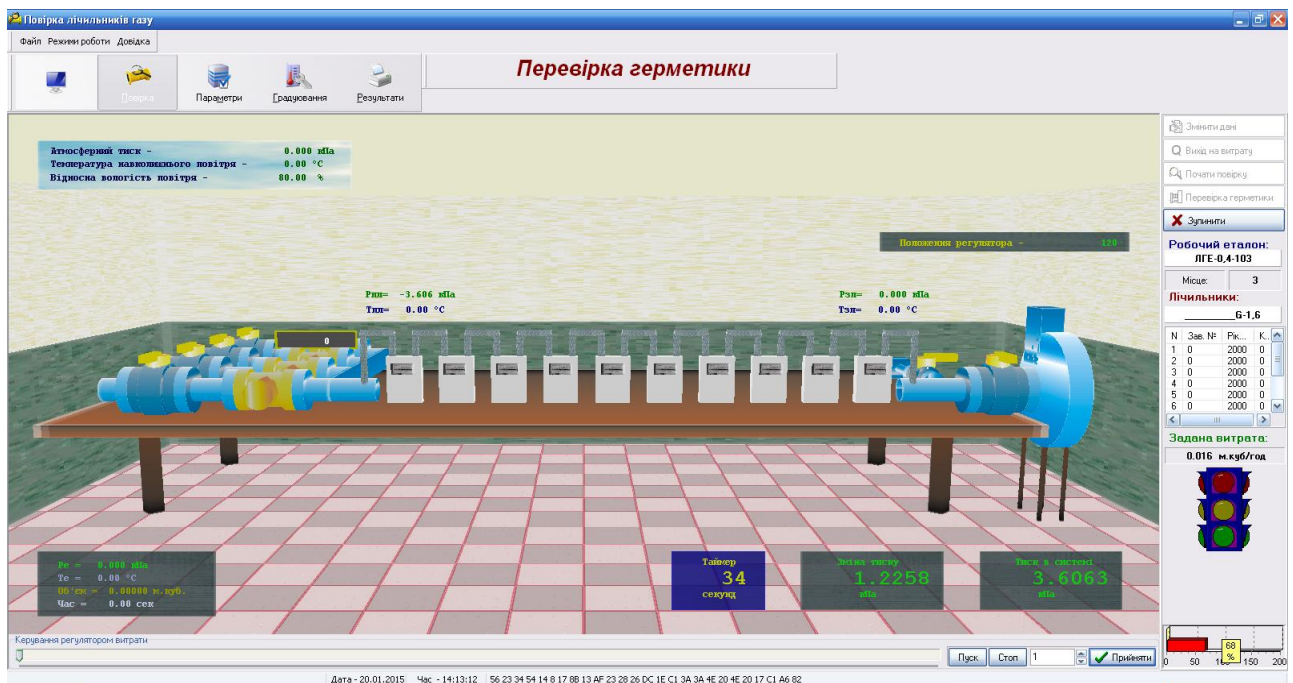


Рисунок 2 - Інтерфейс програмного забезпечення при перевірці герметичності установок УПЛГ-10

Вікно гістограми (в нижньому правому куті червоне зображення) відображає заданий і дійсний час перевірки пневматичної системи у %. При позитивному результаті випробовування на герметичність програмне забезпечення дозволяє провести наступний крок – здійснити перевірку лічильників газу, тобто визначити їх похибку.

Виходячи з наведеного можна стверджувати про необхідну послідовність перевірки герметичності установок в такій послідовності:

- в пневматичній системі установки для перевірки лічильників газу створюють надлишковий тиск або розрідження повітря 2,0...3,0 кПа і перекривають вхідні та вихідні засувки;

- у створеному середовищі пневматичної системи установки проходять теплообмінні процеси за ізобарним законом впродовж 120...180 с. Конкретне значення часу на теплообмінні процеси встановлюється в нормативних документах на кожний вид

установок для перевірки лічильників газу;

- визначають значення негерметичності пневматичної системи установки дзвонового типу по допустимих значеннях зміни об'єму $\Delta V = 0,001V_0$ за час τ . В установках з еталонними лічильниками газу негерметичність пневматичної системи установки визначають по зміні тиску за формулою (5) впродовж часу τ ;

- всі операції здійснюють в автоматичному режимі, використовуючи програмне забезпечення установки.

Останнє повинно дозволяти перевірку лічильників газу при позитивних результатах перевірки герметичності або забороняти перевірку лічильників газу при негативних результатах перевірки герметичності.

Наведена послідовність перевірки герметичності реалізована в установках РЕОВГ-02 і УПЛГ-10 [5,17,18].

ВИСНОВКИ

У результаті проведених досліджень отримана математична модель теплообмінних процесів в пневматичній системі постійного об'єму еталонних установок. Отримана модель може бути поширена на пневматичні системи дзвонових установок і установок з робочими еталонними лічильниками газу. За допомогою отриманих залежностей можна визначити час завершення теплообмінних процесів і, відповідно, час початку вимірювального процесу при допустимому значенні негерметичності.

Визначена допустима зміна об'єму внаслідок негерметичності пневматичної системи повірочних установок для лічильників газу, яка повинна бути такою, щоб не впливати на достовірність результатів перевірки лічильників. При виборі допустимого значення негерметичності необхідно враховувати контрольний об'єм, який буде пропущений через лічильник газу при його повірці, а також час повірки, робочий тиск в установці, допустиме значення похибок лічильників газу і установки.

1. ГСОЕИ. Счетчики газа. Методика поверки: ГОСТ 8.324-2002. - [Введен с 2004-01-01]. - М.: Госстандарт РФ, 2002. - 8с. - (Межгосударственный стандарт). 2. Методические указания. Расходомеры и счетчики объемного расхода и количества газа. Методы и средства поверки: РД 50-211-80. - [Введены с 1980-08-05]. - М.: Изд-во

стандартов, 1981. - 11с. 3. Інструкція. Лічильники газу мембранні САМГАЗ. Методика повірки: СМУК.407369.014ИС1 - [Затверджена 11.08.2008 року]. - Івано-Франківськ: ДП "Івано-Франківськстандарт-метрологія", 2008. - 21с. 4. Облік природного газу: довідник / М.П. Андрійшин, О.М. Карпаш, О.Є. Середюк [та ін.]; за ред. С.А. Чеховського. - Івано-Франківськ: ПП «Сімик», 2008. - 180 с. 5. Воциньський В.С. Установка з еталонами об'єму газу типу УПЛГ / В.С. Воциньський, В.В. Іроденко, В.В. Воциньський // Методи та прилади контролю якості.-1999.- №4.- С.104-106. 6. Лічильники газу мембранні. Загальні технічні умови (EN 1359:1998, IDT) : ДСТУ EN 1359:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. - К.: Держспоживстандарт України, 2007. - IV, 45 с. - (Національний стандарт України). т. 7. Лічильники газу турбінні. Загальні технічні умови (EN 12261:2002, IDT): ДСТУ EN 12261:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2007. - V, 33 с. - (Національний стандарт України). 8. Лічильники газу роторні. Загальні технічні умови (EN 12480:2002, IDT): ДСТУ EN 12480:2006. - [Чинний від 2007-01-01]. - К. : Держспоживстандарт України, 2007. - VI, 25 с. - (Національний стандарт України). 9. Метрологія. Лічильники газу побутові. Методи та засоби повірки : Р50-071-98. - [Чинний від 1998-03-27]. - К.: Держстандарт України, 1998. - I, 20 с. 10. Метрологія. Установки повірочні дзвонового типу. Типова програма та методика державної метрологічної атестації: МДУ 025/03-2006. - [Чинна від 2006-05-18]. - Івано-Франківськ: ДП "Івано-Франківськстандарт-метрологія", 2006. - 47 с. - (Нормативний документ Держспоживстандарту України: Методика). 11. Метрологія. Установки повірочні з еталонними лічильниками газу. Методика повірки: МПУ-168-03-2008. - [Чинна від 2008-09-01]. - Івано-Франківськ: ДП «Івано-Франківськстандарт-метрологія», 2008. - II, 10с. - (Нормативний документ Держспоживстандарту України: Методика). 12. Запунный А.И. Контроль герметичности конструкций / А.И. Запунный., Л.С. Фельдман, В.Ф. Рогаль. - К.: Техніка, 1976. - 152 с. 13. Техника течейскания. Термины и определения : ГОСТ 26790-85. - [Введен с 1987-01-01]. - М.: Изд-во стандартов, 1985. - 8с. 14. Унифицированная методика контроля основных материалов (полуфабрикатов), сварных соединений и наплавки оборудования и трубопроводов АЭУ. Контроль герметичности. Газовые методы: ПНАЭ Г-7-019-89. - М.: Изд-во стандартов, 1989. - 9с. 15. Ланис Ст. А.

Техника вакуумных испытаний / Ст. А. Ланис, Л. Е. Львина. - М.: Машиностроение, 1963. - 148 с. 16. Середюк О.Є. Дослідження впливу конструктивних параметрів еталонних дзвонових витратовимірювальних установок на їх метрологічні характеристики / О.Є.Середюк //Методи та прилади контролю якості. – 2006. - №16. - С.50-54. 17. Воцинський В.С. Робочий еталон об'єму газу дзвонового типу РЕОВГ-02 / В.С.Воцинський //Методи та прилади контролю якості. – 2001. - №7. - С.128-129. 18. Патент 103656 У Україна, МПК (2013.01) G 01 F 25/00. Спосіб повірки лічильників газу і

пристрій для його здійснення / Воцинський В.С., Воцинський В.В.; заявники і патенто-власники Воцинський В.С., Воцинський В.В. – а201110690; опубл.11.11.13, Бюл. №21.

Поступила в редакцію 28.05.2015р.

Рекомендували до друку: докт. техн. наук, проф. Костишин В. С., докт. техн. наук, проф. Пістун Є. П.