



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **147610** (13) **U**  
(51) МПК (2021.01)  
**G01F 17/00**

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО  
"УКРАЇНСЬКИЙ ІНСТИТУТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ"

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

<b>(21)</b> Номер заявки: <b>u 2020 07627</b>	<b>(72)</b> Винахідник(и): <b>Планковський Сергій Ігорович (UA),</b> <b>Шипуль Ольга Володимирівна (UA),</b> <b>Заклінський Сергій Олександрович (UA),</b> <b>Цегельник Євген Володимирович (UA),</b> <b>Комбаров Володимир Вікторович (UA)</b>
<b>(22)</b> Дата подання заявки: <b>30.11.2020</b>	
<b>(24)</b> Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: <b>27.05.2021</b>	
<b>(46)</b> Публікація відомостей про державну реєстрацію: <b>26.05.2021, Бюл.№ 21</b>	<b>(73)</b> Володілець (володільці): <b>НАЦІОНАЛЬНИЙ АЕРОКОСМІЧНИЙ</b> <b>УНІВЕРСИТЕТ ІМ. М.Є. ЖУКОВСЬКОГО</b> <b>"ХАРКІВСЬКИЙ АВІАЦІЙНИЙ ІНСТИТУТ",</b> вул. Чкалова, 17, м. Харків, 61070 (UA)

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПОСУДИНИ****(57) Реферат:**

Спосіб визначення об'єму посудини включає змінення об'єму посудини на величину  $\Delta V$  і визначення тиску газу в посудині до і після зміни об'єму. Вимірювану посудину попередньо наповнюють повітрям, зміну об'єму вимірюваної посудини проводять її з'єднанням з еталонною посудиною з попередньо визначеним об'ємом  $\Delta V$ , до і після зміни об'єму вимірюють його тиск  $P$  та температуру  $T$  після встановлення сталого співвідношення  $P/T$ , а об'єм вимірюваної посудини визначають за формулою:

$$V_0 = \Delta V \frac{P_2 T_1}{(P_1 T_2 - P_2 T_1)},$$

де  $P_1, T_1$  - тиск та температура в вимірюваній посудині до зміни об'єму;

$P_2, T_2$  - тиск та температура в вимірюваній посудині після зміни об'єму.

**UA 147610 U**

UA 147610 U

Корисна модель належить до неруйнівних методів вимірювання і може бути використана для вимірювання в повітряному середовищі об'єму внутрішньої порожнини посудини, що має складну геометричну форму в різних галузях машинобудування.

Відомий спосіб вимірювання об'єму, який полягає в заміщенні шуканого об'єму рідиною (водою, маслом тощо) з подальшим виміром її об'єму мірником, за який використовується вимірювальна колба, бюретка, циліндр, мензурка і ін. (Гаузнер С.І., Кивіліс С.С., Осокіна А.П., Павловський А.М. Вимірювання маси, об'єму і щільності. М.: Видавництво стандартів. 1972. 623 с.).

Недоліком відомого способу є необхідність очищати посудину від рідини після вимірів, що збільшує похибку вимірювань, оскільки не вся рідина вимірюється мірником - частина її залишається на стінках посудини. Наявність процедури наповнення і видалення рідини з посудини ускладнює і збільшує тривалість проведення вимірювань. Крім того вказаний спосіб має обмежені можливості для застосування, оскільки може використовуватися тільки для тих посудин, для яких контакт з рідиною не завдає шкідливих наслідків у вигляді її поглинання поверхневим шаром, набухання, розчинення, корозії, засмічення мікропор тощо.

Відомі технічні рішення, що дозволяють визначати об'єм посудин в повітряному середовищі. Зокрема, відомий ряд способів вимірювання об'єму посудин в різних варіантах виконання, оснований на вимірі резонансної частоти судини (пат. РФ № 2131590, МПК<sup>(6)</sup> G01F 23/28; пат. USA № 4640130, опубл. МПК<sup>(4)</sup> G01N 29/00, G01F 17/00; пат. USA № 7578183, МПК<sup>(7)</sup> G01F 23/28, G01F 17/00), які дозволяють визначати об'єм посудин в повітряному середовищі. Суть способів полягає в тому, що в вимірюваному об'ємі посудини збуджують акустичні коливання з частотою, рівною резонансній частоті вимірюваного об'єму, за значенням якої за певними формулами розраховують значення вимірюваного об'єму. Недоліками способів є складність їх технічної реалізації і низька точність вимірювань для посудин складної форми.

Відомі способи визначення об'єму в замкнених посудинах, оснований на вимірі параметрів витікання газу (пат. РФ № 2079112, МПК<sup>(6)</sup> G01F 17/00; пат. РФ № 2217721, МПК<sup>(7)</sup> G01M 3/26, G01F 17/00; пат. РФ № 2292536, МПК<sup>(7)</sup> G01M 3/26, G01F 17/00). Суть способів полягає в створенні в посудині надлишкового тиску, визначенні в ній тиску і температури, здійсненні витікання повітря через калібровані течії, визначенні інтервалів часу падіння тиску і розрахунку на основі вимірювання інтервалів часу, тиску і температури газу в посудині, її об'єму.

Недоліком способів є низька точність вимірювання, обумовлена тим, що формули, які застосовують для розрахунку об'єму, є досить складними, результат залежить від багатьох параметрів, а використовувана розрахункова залежність об'єму від часу падіння тиску є нелінійною. Недоліком способів також є підвищена тривалість процедури вимірювання, яка пов'язана з необхідністю використання процедури наддуву повітря і його випускання через калібровані течії, для визначення параметрів яких потрібне проведення додаткових випробувань з використанням еталонного об'єму і складом повітряного середовища, що має характеристики, близькі до вимірюваних. За час вимірювання параметри повітряного середовища, зокрема, температура, можуть змінитися, бути нерівномірно розподіленими всередині посудини, що змінює умови витікання і вносить неконтрольовану похибку в результат вимірювання.

Найбільш близьким за призначенням та технічною суттю вибраний як аналог спосіб вимірювання посудини (пат. РФ № 2494352С1, МПК<sup>(7)</sup> G01F 17/00), за яким об'єм посудини змінюють на величину  $\Delta V$  і визначають зміну тиску газу в посудині до і після зміни об'єму, на підставі чого визначають шуканий об'єм посудини  $V_0$ , при цьому попередньо вирівнюють тиск в герметично закритій посудині з навколишнім середовищем, переміщенням стержня змінюють її об'єм на величину  $\Delta V_1$  і вимірюють тиск  $\Delta P_1$  всередині посудини відносно зовнішнього середовища, переконуються, що він не змінюється з плином часу, змінюють об'єм посудини на величину  $\Delta V$ , вирівнюють тиск в посудині з навколишнім середовищем, повторно змінюють об'єм посудини на величину  $\Delta V_2$ , вимірюють тиск  $\Delta P_2$  всередині посудини відносно зовнішнього середовища і повторно переконуються, що воно не змінюється з плином часу, а шуканий об'єм посудини визначають за формулою:

$$V_0 = \frac{V \Delta P_2 / \Delta V_2}{(\Delta P_2 / \Delta V_2 - \Delta P_1 / \Delta V_1)},$$

де  $k=1$ , якщо об'єм посудини зменшують, і  $k=-1$ , якщо збільшують.

Недоліком зазначеного способу є підвищена тривалість та складність забезпечення високої точності вимірювання об'єму.

Вказані недоліки викликані тим, що у відомому способі визначення об'єму посудини проводять з використанням ефекту сталості стисливості газу при постійному тиску і температурі газу. Але зміна об'єму газу неминуче призводить і до зміни його температури, яка в свою чергу призводить до додаткової зміни тиску, що не враховується у формулі, яка у відомому способі

використовується для розрахунку вимірюваного об'єму. Це призводить до виникнення неконтрольованої похибки визначення об'єму посудини. Крім того, зазначені у відомому способі вимоги проведення вимірювань після встановлення сталого тиску забезпечуються лише за умови встановлення сталої температури за рахунок теплообміну між оточуючим середовищем, посудиною та газом усередині неї, що займає багато часу з урахуванням низької теплопровідності газів. Це суттєво підвищує час визначення об'єму посудини при використанні відомого способу.

В основу корисної моделі поставлена задача підвищення точності визначення об'єму посудини при одночасному зменшенні часу вимірювання.

Поставлена задача вирішується тим, що спосіб визначення об'єму посудини включає змінення об'єму посудини на величину  $\Delta V$  і визначення тиску газу в посудині до і після зміни об'єму. Вимірювану посудину попередньо наповнюють повітрям, зміну об'єму вимірюваної посудини проводять її з'єднанням з еталонною посудиною з попередньо визначеним об'ємом  $\Delta V$ , до і після зміни об'єму вимірюють його тиск  $P$  та температуру  $T$  після встановлення сталої співвідношення  $P/T$ , а об'єм вимірюваної посудини визначають за формулою:

$$V_0 = \Delta V \frac{P_1 T_2 - P_2 T_1}{(P_1 T_2 - P_2 T_1)},$$

де  $P_1, T_1$  тиск та температура в вимірюваній посудині до зміни об'єму;  
 $P_2, T_2$  - тиск та температура в вимірюваній посудині після зміни об'єму.

Спосіб реалізують таким чином. Еталонну посудину з визначеним об'ємом  $\Delta V$  під'єднують до вимірюваної посудини за допомогою нормально закритого крана або клапана. Усі елементи газового тракту при цьому наповнені повітрям. У вимірювану посудину подають стисле повітря. При цьому в ній одночасно змінюється як тиск, так і температура, які вимірюють за допомогою датчиків. Ці зміни проходять як в процесі наповнення посудини стислим повітрям, так і після припинення його подачі і продовжуються до встановлення температурної рівноваги між елементами конструкції газового тракту, повітрям всередині його та оточуючим атмосферним повітрям. Тривалість цього процесу визначається характеристиками теплопровідності повітря і може зайняти багато часу. Але для проведення вимірювань встановлення такої рівноваги не потрібно. Для цього достатньо встановлення сталих показників, що визначають масу газу у газовому тракті. Виходячи з рівняння стану ідеального газу  $PV=mRT$  для цього необхідне досягнення умови  $P/T=\text{const}$ . Після його виконання в довільний момент часу мають бути виміряні величини тиску  $P_1$  та температури  $T_1$ . Після цього кран або клапан, що з'єднує вимірювану та еталонну посудини, відкривають, і повітря з вимірюваної посудини перетікає до еталонної. Після повторного встановлення сталої значення величини  $P/T=\text{const}$  вимірюють нові величини тиску  $P_2$  та температури  $T_2$ . Виходячи з того, що маса і склад газу під час обох вимірювань є однаковими, є вірними вирази:

$$P_1 V_0 = m R T_1 \quad \text{та} \quad P_2 (V_0 + \Delta V) = m R T_2,$$

звідки об'єм вимірюваної посудини визначається як:

$$V_0 = \Delta V \frac{P_1 T_2 - P_2 T_1}{(P_1 T_2 - P_2 T_1)}.$$

При цьому завдяки врахуванню одночасного змінення тиску і температури газу у вимірюваній посудині підвищується точність визначення її об'єму завдяки врахуванню впливу температури на тиск. Використання умови досягнення сталої співвідношення  $P/T$  не потребує встановлення сталої температури за рахунок теплообміну між оточуючим середовищем, посудиною та газом усередині неї, що з урахуванням низької теплопровідності повітря суттєво скорочує час визначення об'єму вимірюваної посудини. Таким чином, запропонований спосіб визначення об'єму посудини дозволяє досягти поставленого технічного результату, а саме дозволяє підвищити точність визначення об'єму посудини при одночасному зменшенні часу вимірювання.

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Спосіб визначення об'єму посудини, що включає змінення об'єму посудини на величину  $\Delta V$  і визначення тиску газу в посудині до і після зміни об'єму, який **відрізняється** тим, що вимірювану посудину попередньо наповнюють повітрям, зміну об'єму вимірюваної посудини проводять її з'єднанням з еталонною посудиною з попередньо визначеним об'ємом  $\Delta V$ , до і після зміни об'єму вимірюють його тиск  $P$  та температуру  $T$  після встановлення сталої співвідношення  $P/T$ , а об'єм вимірюваної посудини визначають за формулою:

$$V_0 = \Delta V \frac{P_2 T_1}{(P_1 T_2 - P_2 T_1)},$$

де  $P_1, T_1$  тиск та температура в вимірюваній посудині до зміни об'єму;  
 $P_2, T_2$  - тиск та температура в вимірюваній посудині після зміни об'єму.