

УДК 622.691

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ НА ДОСТОВІРНІСТЬ ОБЛІКУ ГАЗУ В ПОБУТІ

© Кузь М.В., 2004

Державне підприємство "Івано-Франківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації"

**Розглянуто барометричну формулу для обчислення атмосферного тиску. Запропоновано математичну модель за результатами аналізу експериментальних значень атмосферних тисків в різних регіонах України**

Складовими тиску облікованого в побуті газу є атмосферний та надлишковий тиски. Для України вплив атмосферного тиску на обліковані об'єми газу має суттєве значення із-за різного географічного розміщення населених пунктів над рівнем моря. Оскільки атмосферний тиск зменшується при збільшенні висоти, то споживачі, що проживають в гірській місцевості, що характерно для Івано-Франківщини, Львівщини, Тернопільщини, Закарпаття, республіки Крим одержують газ під пониженим абсолютним тиском, а значить і з меншою густиною і, як наслідок, облікована лічильником кількість газу перевищує спожиту. Отже із збільшенням висоти над рівнем моря збитки споживачів газу збільшуються.

Для ізотермічної атмосфери залежність тиску від висоти описується такою барометричною залежністю [1]:

$$p_a = p_0 \exp\left(-\frac{Mgh}{RT_a}\right), \quad (1)$$

де  $p_0 = 101325$  Па – атмосферний тиск на висоті, прийнятій за початок відліку;  $M = 28,96 \cdot 10^{-3}$  кг/моль – молярна маса повітря;  $g = 9,8085$  м/с<sup>2</sup> – прискорення вільного падіння;  $h$  – висота розташування точки вимірювання над рівнем моря, м;  $R = 8,31451$  Дж/(моль·К) – універсальна газова стала;  $T_a$  – температура атмосферного повітря, К.

У формулі (1) величини  $M$ ,  $g$ ,  $R$  є сталими і тоді (1) можна записати так:

$$p_a = p_0 \exp\left(-A \frac{h}{T_a}\right), \quad (2)$$

де  $A = -Mg/R$ .

Як видно із формули (2), для достовірного визначення тиску за формулою (1) крім значення висоти над рівнем моря  $h$  необхідно мати дані про тем-

пературу атмосферного повітря  $T_a$  на цій висоті, що викликає певні труднощі, оскільки, порівняно із постійною величиною  $h$ , значення температури  $T_a$  змінюється у великому діапазоні в залежності від пори року та погодних умов. Тому, як правило, при розрахунках за формулою (1) приймають фіксоване значення температури, наприклад, 293,15 К.

Для обчислення значень атмосферного тиску в обласних центрах України згідно (1) використаємо дані [2] про висоти цих населених пунктів над рівнем моря. Обчислені значення порівняємо з експериментальними даними про середньорічні значення тиску в різних регіонах (обласних центрах) України [2] (рис.1, табл.1).

Як видно із рис.1, всі обчислені згідно (1) значення атмосферних тисків (крива 3) відхиляються у меншу сторону від експериментальних даних (крива 1). Відповідно до [3], експериментальні дані можуть описуватись функцією, якщо відхилення обчислених за нею значень від експериментальних даних має нерегулярний характер, тобто вони відхиляються і у додатну, і у від'ємну сторону, причому випадково. Отже формула (1) не може бути використана для достовірних розрахунків атмосферного тиску як складової частини абсолютного тиску природного газу.

Оскільки висоти населених пунктів України над рівнем моря порівняно менші за висоту повітря всієї атмосфери ( $h \leq 350$  м), то експоненціальна залежність формули (1) матиме практично лінійний характер. Тому автором розроблено нову математичну модель, яку отримано шляхом апроксимації даних [2] і яка представляється такою аналітичною залежністю:

$$p_a = 101578 - 11,532h, \quad (3)$$

абсолютна похибка якої є меншою від похибки залежності (1) приблизно на 250 Па ( $\approx 0,25\%$ ).

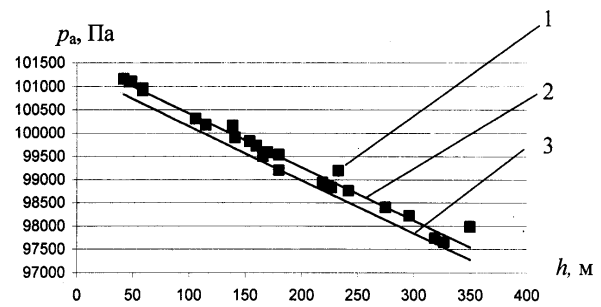
У формулі (3) відсутня така фізична величина,

як температура атмосферного повітря  $T_a$ . Ця перевага дає можливість використовувати формулу (3) для розрахунків атмосферного тиску реальної (неізотермічної) атмосфери, маючи, як вихідні дані, тільки значення висот населених пунктів над рівнем моря.

Для порівняння на рис. 1 побудована також крива 2 за значеннями, обчисленими згідно (3).

Як видно із рис. 1 відхилення обчислених за розробленою моделлю значень від експериментальних даних мають нерегулярний характер, тобто вони відхиляються і у додатну, і у від'ємну сторону. Отже залежність, що описується формулою (3), може бути використана для описування експериментальних даних та розрахунків атмосферного тиску.

Для кількісної оцінки відомої і розробленої моделі необхідно обчислити середні квадратичні відхилення значень, розрахованих згідно (1) і (3) на основі експериментальних даних [2].



1 - середньорічні значення атмосферного тиску; 2 - апроксимаційна крива, яка побудована згідно (3); 3 - апроксимаційна крива, яка побудована згідно (1)

Рис. 1. Дані середньорічних значень атмосферного тиску в різних регіонах України та апроксимаційні криві, побудовані згідно (1) і (3)

Таблиця 1 – Значення атмосферних тисків, розрахованих за формулами (1) і (3) та за експериментальними даними [2]

| Обласні центри (міста) | Висота над рівнем моря, м | Експериментальні значення атмосферних тисків, Па | Обчислені за формулою (1) значення атмосферних тисків, Па | Обчислені за формулою (3) значення атмосферних тисків, Па |
|------------------------|---------------------------|--|---|---|
| Київ                   | 166                       | 99508,21   | 99383,64  | 99656,89  |
| Черкаси                | 106                       | 100308,1   | 100081  | 100256,6  |
| Чернігів               | 139                       | 100163,7   | 99696,85  | 99926,33  |
| Житомир                | 219                       | 98937,15   | 98771,68  | 99130,1   |
| Суми                   | 180                       | 99543,76   | 99221,63  | 99517,47  |
| Полтава                | 160                       | 99733,74   | 99453,16  | 99716,7   |
| Харків                 | 154                       | 99828,18   | 99522,73  | 99776,55  |
| Луганськ               | 59                        | 100958,1   | 100630,7  | 100728,9  |
| Донецьк                | 224                       | 98871,6  | 98714,14  | 99080,55  |
| Запоріжжя              | 59                        | 100910,3   | 100630,7  | 100728,9  |
| Дніпропетровськ        | 141                       | 99907,06   | 99673,62  | 99906,34  |
| Кіровоград             | 170                       | 99593,76   | 99337,33  | 99617,03  |
| Херсон                 | 47                        | 101098,1   | 100771,5  | 100849,9  |
| Сімферополь            | 180                       | 99202,68   | 99221,63  | 99517,47  |
| Одеса                  | 42                        | 101160,3   | 100830,3  | 100900,3  |
| Миколаїв               | 49                        | 101102,5   | 100748  | 100829,7  |
| Вінниця                | 296                       | 98219,43   | 97889,31  | 98369,73  |
| Луцьк                  | 233                       | 99194,9  | 98610,66  | 98991,42  |
| Рівне                  | 227                       | 98830,49   | 98679,64  | 99050,83  |
| Львів                  | 319                       | 97738,36   | 97627,28  | 98143,74  |
| Тернопіль              | 327                       | 97652,81   | 97536,3   | 98065,26  |
| Хмельницький           | 350                       | 97982,78   | 97275,21  | 97839,97  |
| Ів-Франківськ          | 275                       | 98400,52   | 98129,17  | 98576,53  |
| Чернівці               | 242                       | 98762,72   | 98507,29  | 98902,37  |
| Ужгород                | 115                       | 100181,5   | 99976,09  | 100166,4  |

Середні квадратичні відхилення визначимо за формулами

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{1i}^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{\text{апр1}} - P_{\text{експ}})^2}{n(n-1)}}; \quad (4)$$

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_{2i}^2}{n(n-1)}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (P_{\text{апр2}} - P_{\text{експ}})^2}{n(n-1)}}, \quad (5)$$

де  $P_{\text{апр1}}$  та  $P_{\text{апр2}}$  – значення атмосферного тиску для певного обласного центру України, які обчислені за формулами (1) та (3) відповідно;  $P_{\text{експ}}$  – експериментальні значення тиску для того ж обласного центру [2];  $n$  – кількість точок вимірювання (обласних центрів України).

Обчислені за формулами (4) і (5) значення середніх квадратичних відхилень відомої (формула (1)) та розробленої (формула (3)) моделей від експериментальних даних становлять 64 та 31 Па відповідно.

Таким чином розроблена модель описує зміну

атмосферного тиску в різних регіонах України в залежності від висоти їх розміщення над рівнем моря і може служити основою для розрахунків при приведенні облікованого в побуті газу до стандартних умов [4]. Для цього необхідно знати тільки географічну висоту над рівнем моря населеного пункту, в якому проводиться облік газу. Дані про висоти розташування населених пунктів є відомими, оскільки вони наводяться в багатьох довідниках та географічних картах.

1. Савельев И.В. Курс физики: Учеб.: В 3-х т. Т.1: Механика. Молекулярная физика. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 352 с. 2. Архівні дані Українського гідрометеорологічного центру середньорічних значень атмосферного тиску за 1960-1990 р.р. 3. Семенов Л.А., Сирая Т.Н. Методы построения градуировочных характеристик средств измерений. М.: Изд-во стандартов, 1986, – 128 с., ил. 4. ГОСТ 2939-63 Газы. Условия для определения объема.

УДК 681.121

## ОСОБЛИВОСТІ СКЛАДУ ТА ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПЛЕКСУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ МЕТРОЛОГІЧНОГО ЦЕНТРУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ НАК „НАФТОГАЗ УКРАЇНИ”

© Власюк Я. М., 2004  
НАК “Нафтогаз України” (м. Київ)

© Кісіль І. С., 2004  
Івано-Франківський державний технічний університет нафти і газу

**Описаний комплекс для перевірки засобів вимірювання витрати газу на метрологічному центрі НАК “Нафтогаз України” в м. Боярка (Київська обл). Приведені метрологічні характеристики вказаного комплексу а також структурна схема відтворення, визначення та передачі еталонних значень витрати газу**

Кількість природного газу при відпуску споживачам вимірюється відповідними засобами виміральної техніки. Точність вимірювання кількості газу і достовірність обліку продиктована його вартістю та рівнем розвитку техніки. За тривалий час використання (купівлі – продажу) природного газу розроблено багато різноманітних засобів його обліку та витрати. На території України через вузли обліку проходить в рік більше 240 млрд. км<sup>3</sup> природного газу.

Біля 90% газу обліковується системами, що базуються на використанні методу перемінного пере-

паду тиску, похибка обліку яких є не меншою 1%.

Впровадження сучасних точних лічильників природного газу стримується кількома факторами, серед яких один із основних – це відсутність належного метрологічного забезпечення. Україна – це держава, через яку проходить найбільше в світі транзитного природного газу. Пункти вимірювання витрати газотранспортної системи в основному побудовані з використанням замірних дільниць діаметром 500 - 700 мм [1]. Перевірка одного лічильника такого діаметра коштує від 15 до 25 тисяч дол. США (співрозмірна з вартістю лічильника). В Україні