

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКІВ МІЖ СЕРЕДНЬОМІСЯЧНИМИ ЗНАЧЕННЯМИ ТИСКУ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ТА ТЕМПЕРАТУРОЮ ПОВІТРЯ ДЛЯ УМОВ ОБЛІКУ ПОБУТОВИМИ ЛІЧИЛЬНИКАМИ

<sup>1</sup>М.В. Кузь, <sup>2</sup>О.Є. Середюк

<sup>1</sup> Івано-Франківський університет права імені Короля Данила Галицького, 76018 м. Івано-Франківськ, вул. Є. Коновальця, 35, тел. (067) 9498731, e-mail: kuz@list.ru

<sup>2</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067, e-mail: feivt@nuing.edu.ua

Проаналізовано методології приведення облікованих побутовими лічильниками об'ємів газу до стандартних умов. Визначено кореляційні коефіцієнти між середньомісячними значеннями атмосферного тиску та температурою навколишнього середовища. Експериментально доведено, що похибки обчислення середньомісячних атмосферних тисків не перевищують границь основної похибки вимірювання цієї величини. Розроблено математичну модель залежності середньомісячного значення абсолютного тиску природного газу від середньомісячної температури повітря. Запропоновано приводити обліковані побутовими лічильниками об'єми природного газу до стандартних умов за результатами вимірювань тільки температури газу та розрахованими на їх основі значеннями абсолютного тиску газу без необхідності додаткового вимірювання атмосферного тиску.

Ключові слова: стандартні умови, температура, абсолютний тиск, природний газ, атмосферний тиск

Проанализированы методологии приведения учитываемых бытовыми счетчиками объемов газа к стандартным условиям. Определены корреляционные коэффициенты между среднемесячными значениями атмосферного давления и температуры окружающей среды. Экспериментально доказано, что погрешности вычисления среднемесячных значений атмосферных давлений не превышают границ основной погрешности измерения этой величины. Разработана математическая модель зависимости среднемесячного абсолютного давления природного газа от среднемесячной температуры воздуха. Предложено приводить учитываемые бытовыми счетчиками объемы природного газа к стандартным условиям по результатам измерений только температуры газа и рассчитанными на их основе значениями абсолютного давления газа без дополнительного измерения атмосферного давления.

Ключевые слова: стандартные условия, температура, абсолютное давление, природный газ, атмосферное давление

The methodology of putting the registered by domestic meters gas volumes into standard conditions has been analyzed. The correlation coefficients between the average monthly values of atmospheric pressure and environmental temperature have been calculated. It has been proven by experiments that the uncertainties of the average monthly atmospheric pressures records do not exceed the main record uncertainty limit of this value. The mathematical model of the dependency of the average monthly values of natural gas absolute pressure from the average monthly air temperature has been developed. It has been suggested to put the registered by domestic meters gas volumes into standard conditions solely in accordance with the results of measurements of gas temperature and calculated on their basis values of gas absolute pressure without the necessity of additional atmospheric pressure measurement.

Keywords: standard conditions, temperature, absolute pressure, natural gas, atmospheric pressure.

### Постановка проблеми

Сучасний стан обліку природного газу в побутовій сфері вимагає суттєвого підвищення точності вимірювання об'єму газу. Побутові лічильники газу при відображенні вимірюваного об'єму газу не враховують значень таких параметрів газу, як абсолютний його тиск та температура. Складовою абсолютного тиску газу є атмосферний тиск, а значення температури газу пов'язане функціонально залежністю із температурою повітря навколишнього середовища [1]. Однак вимірювання цих параметрів побутовими лічильниками газу викликає певні труднощі: вимагає обладнання цих лічильників електронними коректорами, які на декілька порядків дорожчі за побутові лічильники, що економічно недоцільно.

### Аналіз результатів останніх досліджень

В нормативно-правових документах [2, 3] наведено методики приведення облікованих побутовими лічильниками об'ємів природного газу до стандартних умов [4] за допомогою коефіцієнтів коригування показів лічильників. Недоліком даних документів [2, 3] є те, що в них наводиться єдиний коефіцієнт коригування для тієї чи іншої області (обласного центру) України в залежності від місяця року та місця розташування лічильника на газопроводі (довжини газопроводу). Однак, для прикладу, населені пункти Івано-Франківської області, в яких ведеться облік газу побутовими лічильниками, розташовані на висотах, які на кількাসот метрів відрізняються між собою. А, отже, різними будуть значення атмосферного тиску і, як наслідок, значення абсолютного тиску газу.

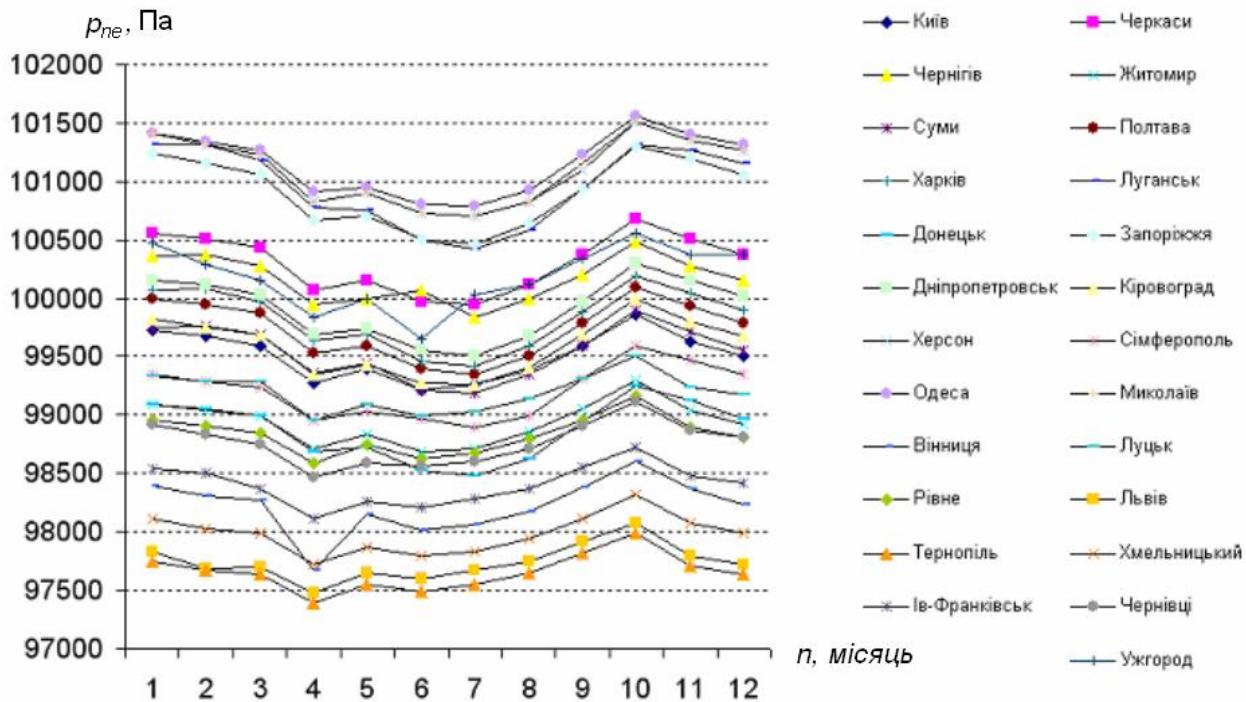


Рисунок 1 – Зміна фактичних середньомісячних значень атмосферного тиску в обласних центрах України

Альтернативним методом приведення облікованих об'ємів газу до стандартних умов є патентозахищений графоаналітичний спосіб [5]. Даний спосіб, на відміну від [2, 3], при приведенні об'ємів газу окрім довжини газопроводу враховує ще й площу теплообміну (поверхні) лічильника газу. Однак, як і в попередніх методиках, не враховується зміна тиску газу від висоти розташування точки його обліку над рівнем моря.

Таким чином, існуючі методики [2, 3, 5] дають змогу приводити обліковані побутовими лічильниками щомісячні об'єми газу до стандартних умов з врахуванням тільки температурного параметру і не враховують зміни атмосферного тиску.

**Завдання досліджень**

Дослідження кореляційних зв'язків між середньомісячними значеннями абсолютних тисків газу в газопроводах низького тиску та температурою навколишнього середовища. Експериментальна оцінка адекватності розробленої математичної моделі.

**Виклад основного матеріалу**

Зважаючи на те, що дані з лічильників газу знімаються один раз на звітний період (календарний місяць), достатнім буде використання для корекції облікованих об'ємів газу середньомісячних значень тиску та температури газу. Вихідними параметрами для обчислення цих величин можуть служити багаторічні архівні дані середньомісячних значень атмосферного тиску (рис. 1) та температури повітря навколишнього середовища (рис. 2) в регіонах України [6].

Обчислимо кореляційні коефіцієнти  $F_{ne}$  між фактичними значеннями атмосферного тиску та температури повітря за формулою:

$$F_{ne} = \frac{P_{ne}}{(t_{ne} + 273,15)}, \quad (1)$$

де  $n = 1...12$  – номер місяця в році (1 – січень, ..., 12 – грудень);

$P_{ne}$  – середньомісячний атмосферний тиск повітря в  $n$ -ому місяці;

$t_{ne}$  – середньомісячна температура повітря навколишнього середовища в  $n$ -ому місяці.

Обчислені за формулою (1) значення кореляційного коефіцієнта наведені на рис. 3.

Для зручності подальших розрахунків проведемо апроксимацію обчислених значень кореляційних коефіцієнтів (рис. 3). З аналізу графіка видно, що дані можна описати математичною функцією косинуса, яку можна подати апроксимаційною залежністю у вигляді:

$$F_n = F_c + A \cos(\omega \Phi), \quad (2)$$

де  $F_n$  – апроксимовані значення кореляційних коефіцієнтів;

$F_c$  – середнє значення кореляційних коефіцієнтів;

$A$  – максимальна ордината косинусоїдальної кривої;

$\omega$  – циклічна частота;

$\Phi$  – кількість годин в місяці.

Величина  $A$  визначається за формулою:

$$A = (F_1 - F_7) / 2, \quad (3)$$

де  $F_1, F_7$  – кореляційні коефіцієнти січня і липня, відповідно.

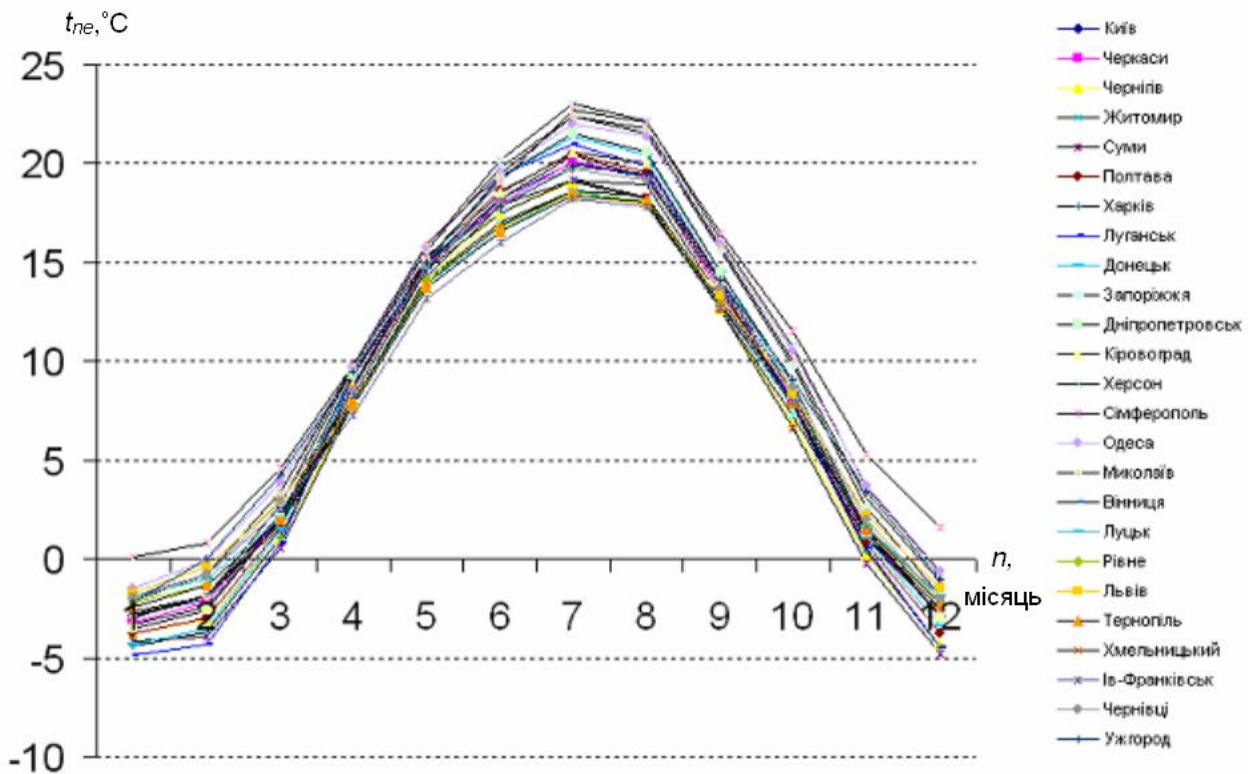


Рисунок 2 – Зміна фактичних експериментальних значень температури повітря в обласних центрах України

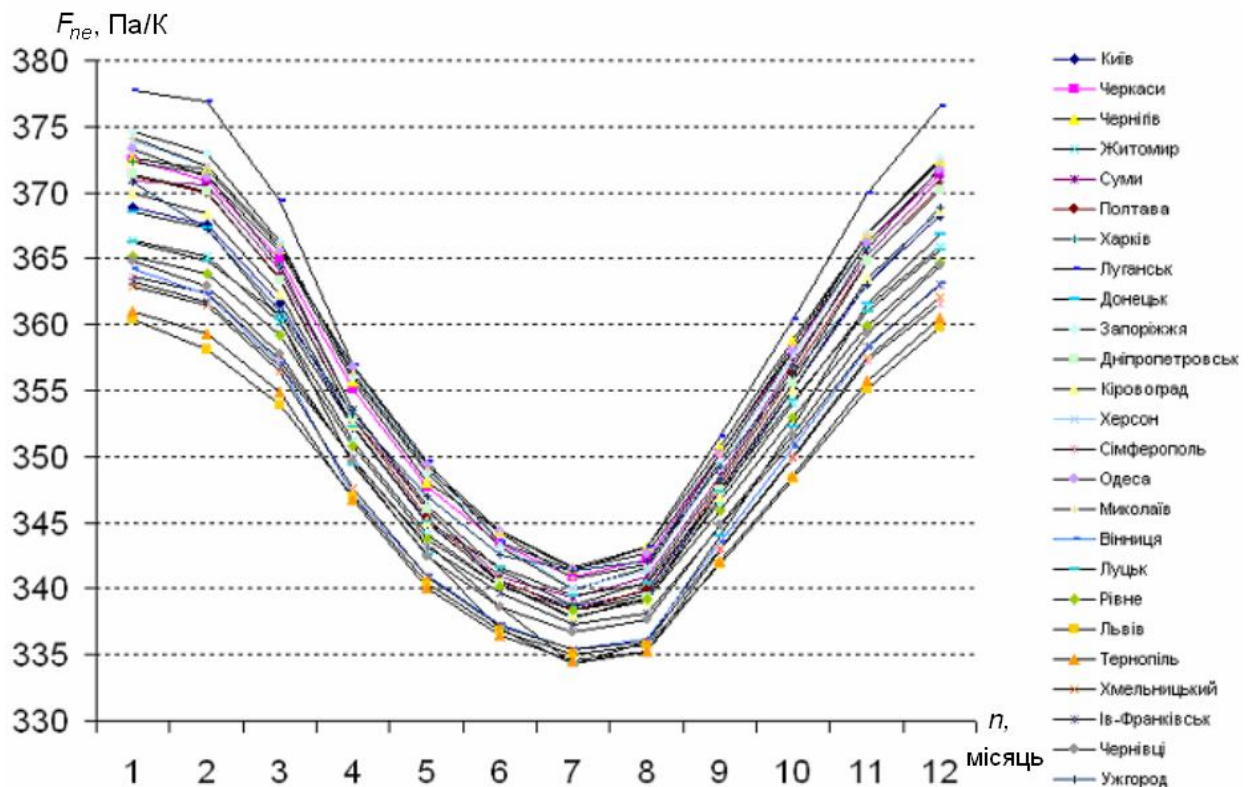


Рисунок 3 – Значення середньомісячних кореляційних коефіцієнтів між значеннями атмосферного тиску та температури повітря (Па/К)

Оскільки відлік часу починається від січня, звідки то маємо рівняння:

$$F_1 = F_c + A, \quad (4)$$

$$F_c = F_1 - A. \quad (5)$$

Таблиця 1 – Рівняння апроксимаційних кривих кореляційних коефіцієнтів

Київ	$F_n=353,73+15,14\cos(0,523599(n-1))$
Черкаси	$F_n=356,66+15,82\cos(0,523599(n-1))$
Чернігів	$F_n=357,11+15,51\cos(0,523599(n-1))$
Житомир	$F_n=352,36+14,01\cos(0,523599(n-1))$
Суми	$F_n=355,09+15,80\cos(0,523599(n-1))$
Полтава	$F_n=354,78+16,45\cos(0,523599(n-1))$
Харків	$F_n=355,52+16,84\cos(0,523599(n-1))$
Луганськ	$F_n=359,53+18,15\cos(0,523599(n-1))$
Донецьк	$F_n=351,45+17,10\cos(0,523599(n-1))$
Запоріжжя	$F_n=357,27+17,37\cos(0,523599(n-1))$
Дніпропетровськ	$F_n=354,57+16,84\cos(0,523599(n-1))$
Кіровоград	$F_n=353,90+16,00\cos(0,523599(n-1))$
Херсон	$F_n=356,96+16,93\cos(0,523599(n-1))$
Сімферополь	$F_n=348,94+14,65\cos(0,523599(n-1))$
Одеса	$F_n=357,42+15,92\cos(0,523599(n-1))$
Миколаїв	$F_n=357,44+16,73\cos(0,523599(n-1))$
Вінниця	$F_n=349,81+14,40\cos(0,523599(n-1))$
Луцьк	$F_n=352,83+13,39\cos(0,523599(n-1))$
Рівне	$F_n=351,76+13,44\cos(0,523599(n-1))$
Львів	$F_n=347,71+12,70\cos(0,523599(n-1))$
Тернопіль	$F_n=347,82+13,22\cos(0,523599(n-1))$
Хмельницький	$F_n=349,12+13,79\cos(0,523599(n-1))$
Івано-Франківськ	$F_n=350,31+12,97\cos(0,523599(n-1))$
Чернівці	$F_n=350,77+14,06\cos(0,523599(n-1))$
Ужгород	$F_n=356,08+14,73\cos(0,523599(n-1))$

Величина  $\omega$  знаходиться з рівняння  $\omega \phi_p = 2\pi$ , де  $\phi_p$  – кількість годин в році:

$$\omega = \frac{2\pi}{\phi_p} = \frac{2\pi}{365 \cdot 24} = 0,717259 \cdot 10^{-3} \text{ год}^{-1} \quad (6)$$

Приймемо, що в кожному місяці однакова кількість годин  $\phi = 365 \cdot 24 / 12 = 730$  год. У такому разі формула (2) набуває вигляду:

$$F_n = F_c + A \cos(0,717259 \cdot 10^{-3} (n-1) \cdot 730) = F_c + A \cos(0,523599(n-1)) \quad (7)$$

У відповідності до цієї методики, для кожного обласного центру України виведено рівняння апроксимаційних кривих кореляційних коефіцієнтів (табл. 1).

Підставивши обчислені за апроксимаційними рівняннями значення кореляційних коефіцієнтів до формули

$$p_n = F_n(t_n + 273,15), \quad (8)$$

отримаємо розрахункові значення середньомісячних тисків в обласних центрах України та порівняємо їх з вимірними даними (рис. 1). Відносна похибка вимірних і обчислених значень атмосферного тиску ілюструється рис. 4. При її розрахунку використовувалася формула:

$$d_n = \frac{p_n - p_{ne}}{p_{ne}} \cdot 100\% \quad (9)$$

Порівняємо обчислені середньомісячні дані атмосферного тиску в м. Києві з відповідними вимірними даними за 2010 р. (табл. 2).

Значення відносних похибок, наведених в табл. 2, визначені за формулою (9) та графічно зображені на рис. 5.

Границі основної похибки вимірювальних перетворювачів тиску [7] не повинні перевищувати  $\pm 1,0\%$ . Як видно із рис. 5, похибки обчислення середньомісячних значень атмосферних тисків не перевищують границь основної похибки вимірювання цієї величини. Отже, описана в даній роботі методологія обчислення значень атмосферного тиску за результатами вимірювань температури навколишнього середовища може бути використана газозбутовими організаціями при приведенні облікованих за звітний місяць об'ємів газу до стандартних умов.

За даними, наведеними в табл. 1, встановимо кореляційні зв'язки між коефіцієнтами функціональних залежностей  $A$  і  $F_c$  та висотою населених пунктів (обласних центрів) над рівнем моря  $h$  (табл. 3).

Апроксимаційна крива залежності  $F_c$  від  $h$  наведена на рис. 6.

Апроксимаційна крива залежності  $A$  від  $h$  наведена на рис. 7.

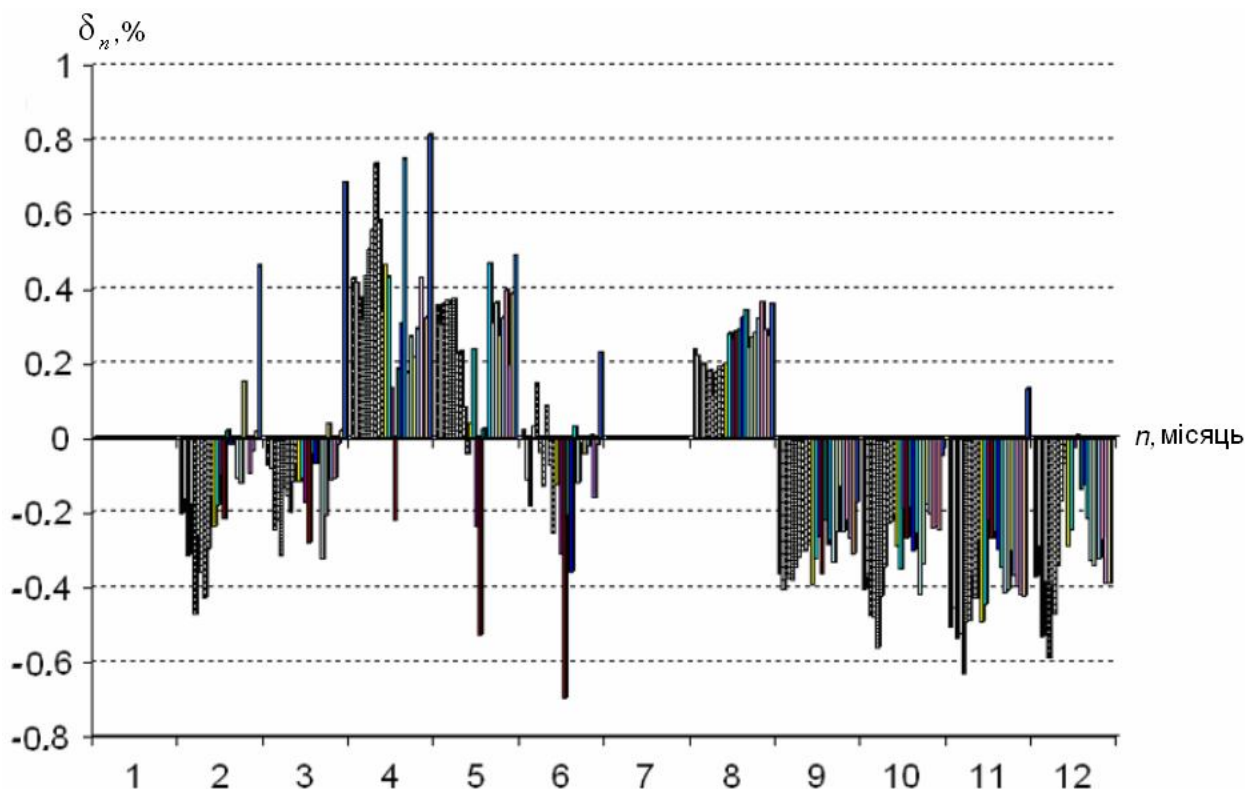


Рисунок 4 – Відносна похибка виміряних і обчислених значень атмосферного тиску

Таблиця 2 – Порівняльні характеристики змодельованих і виміряних фактичних значень атмосферного тиску в м. Києві (2010 р.)

Номер місяця $n$	Кореляційні коефіцієнти $F_n$ , Па/К	Виміряні середньомісячні значення температури повітря $t_{ne}$ , °C	Виміряні середньомісячні значення атмосферного тиску $p_{ne}$ , Па	Обчислені значення атмосферного тиску $p_n$ , Па	Похибка $D_n$ , %
1	368,87	-2,8	99766,85	99724	0,0
2	366,84	-2	99248,69	99469,11	-0,2
3	361,30	2,3	99728,09	99520,08	0,2
4	353,73	8,7	99885,94	99698,8	0,2
5	346,16	15	99059,53	99746	-0,7
6	340,62	18,2	99281,31	99239,16	0,0
7	338,59	20	99706,12	99257,66	0,4
8	340,62	19,3	99482	99613,85	-0,1
9	346,16	13,5	99352,91	99226,77	0,1
10	353,73	8	100048,3	99451,2	0,6
11	361,30	1,2	98978,43	99122,66	-0,1
12	366,84	-2,9	99247,18	99138,95	0,1

Рівняння апроксимаційної залежності середнього значення кореляційного коефіцієнта від висоти населеного пункту над рівнем моря запишеться наступним чином:

$$F_c = 359,88 - 0,0342h. \quad (10)$$

Рівняння апроксимаційної залежності коефіцієнта  $A$  від висоти населеного пункту над рівнем моря запишеться наступним чином:

$$A = 17,707 - 0,0134h. \quad (11)$$

Тепер формула (8) з врахуванням формул (7), (10) і (11) запишеться у вигляді:

$$p_n = [(359,88 - 0,0342h) + (17,707 - 0,0134h) \times \cos(0,523599(n-1))] \cdot (t_n + 273,15). \quad (12)$$

Формула (12) є математичною моделлю залежності середньомісячного значення атмосферного тиску від середньомісячної температури повітря в певному ( $n$ -ому) календарному місяці року.

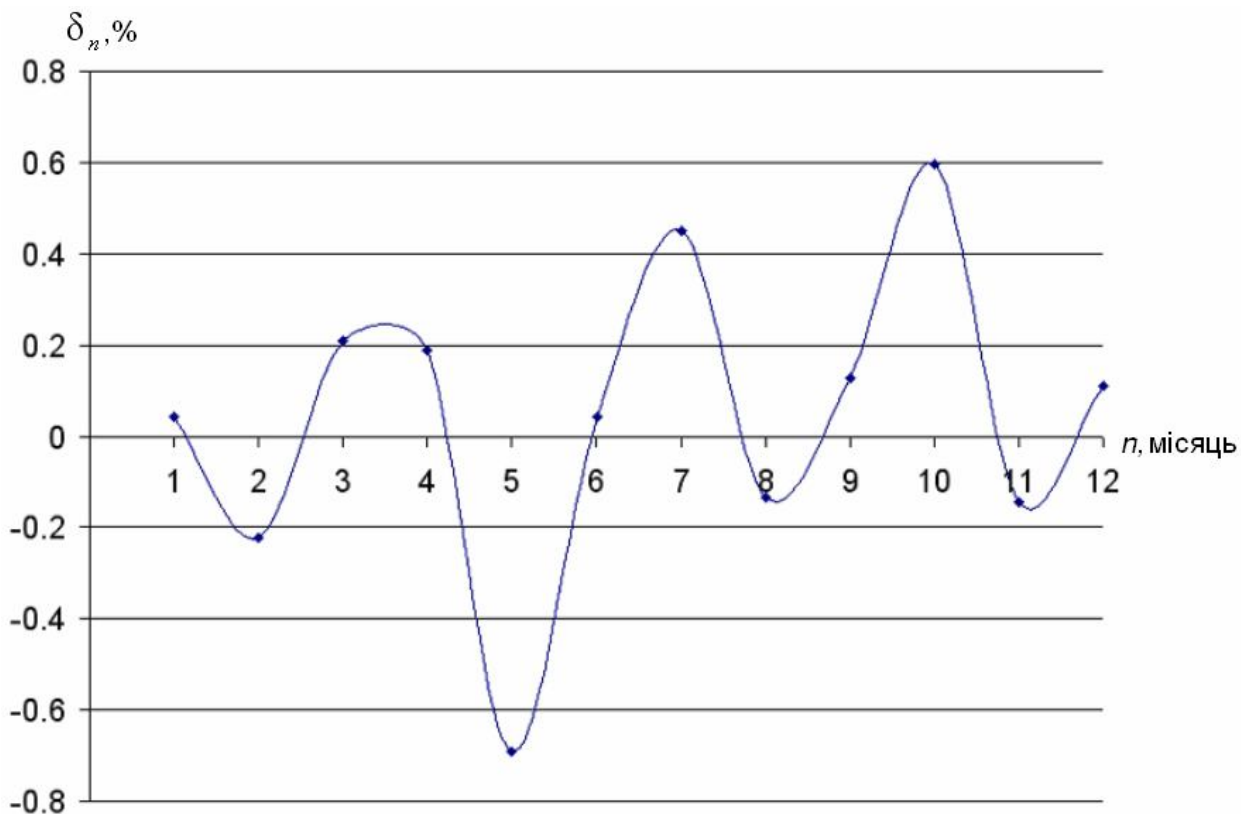


Рисунок 5 – Похибки виміряних і змодельованих значень атмосферного тиску в м. Києві в 2010 р.

Таблиця 3 – Коефіцієнти  $A$  і  $F_c$  та висоти населених пунктів (обласних центрів) над рівнем моря  $h$

$h$ , м	$F_c$ , Па/К	$A$ , Па/К	$h$ , м	$F_c$ , Па/К	$A$ , Па/К
166	353,7326	15,14061	47	356,9576	16,93363
106	356,6613	15,82068	42	357,4164	15,92429
139	357,1074	15,51113	49	357,4407	16,72643
219	352,3568	14,0137	296	349,8127	14,39849
180	355,0915	15,80098	233	352,8319	13,39199
160	354,7829	16,44969	227	351,7622	13,4402
154	355,5173	16,84174	319	347,7062	12,69782
59	359,5296	18,14566	327	347,8186	13,22178
224	351,4541	17,09677	350	349,1166	13,78949
59	357,2679	17,36564	275	350,3091	12,96573
141	354,5704	16,8425	242	350,7714	14,06331
170	353,9014	16,00105	115	356,0791	14,73289

Фактично формула (12) є уніфікованим рівнянням всіх рівнянь, які наведені в табл. 1.

Обчислимо похибку визначення атмосферного тиску за формулою (12):

$$\delta = \frac{(p_n - p_{експ})}{p_{експ}} \cdot 100\%, \quad (13)$$

де  $p_{експ}$  – експериментальні значення атмосферного тиску.

Обчислені значення атмосферного тиску  $p_n$  зведені до табл. 4.

Обчислені похибки визначення атмосферного тиску наведені на рис. 8.

Як видно із рис. 8, визначені похибки не виходять за межі ( $\pm 1\%$ ) основної похибки вимірювання тиску атмосферного повітря. Отже, описаний метод визначення атмосферного тиску на основі вимірювань температури повітря навколишнього середовища може бути використаний при коригуванні показів приладів обліку енергоносіїв.

Висоти населених пунктів, в яких визначається тиск атмосферного повітря, над рівнем моря є відомими і наводяться в довідниках.

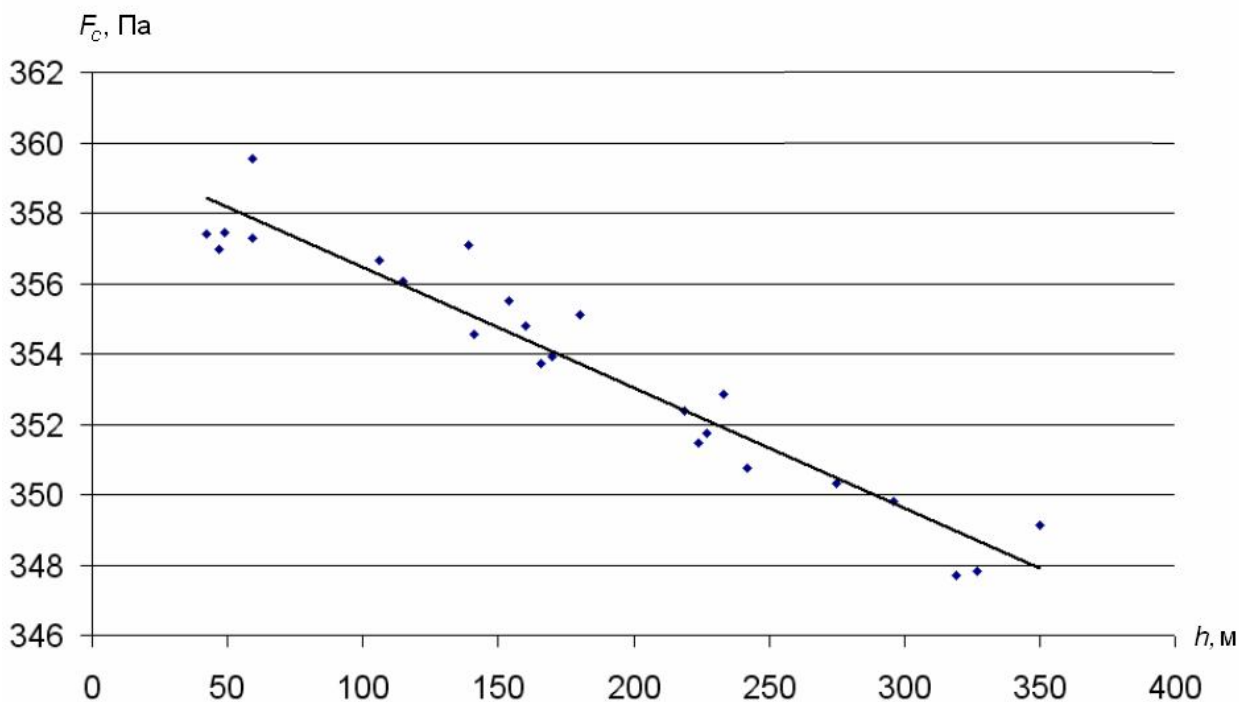


Рисунок 6 – Апроксимаційна крива залежності  $F_c$  від  $h$

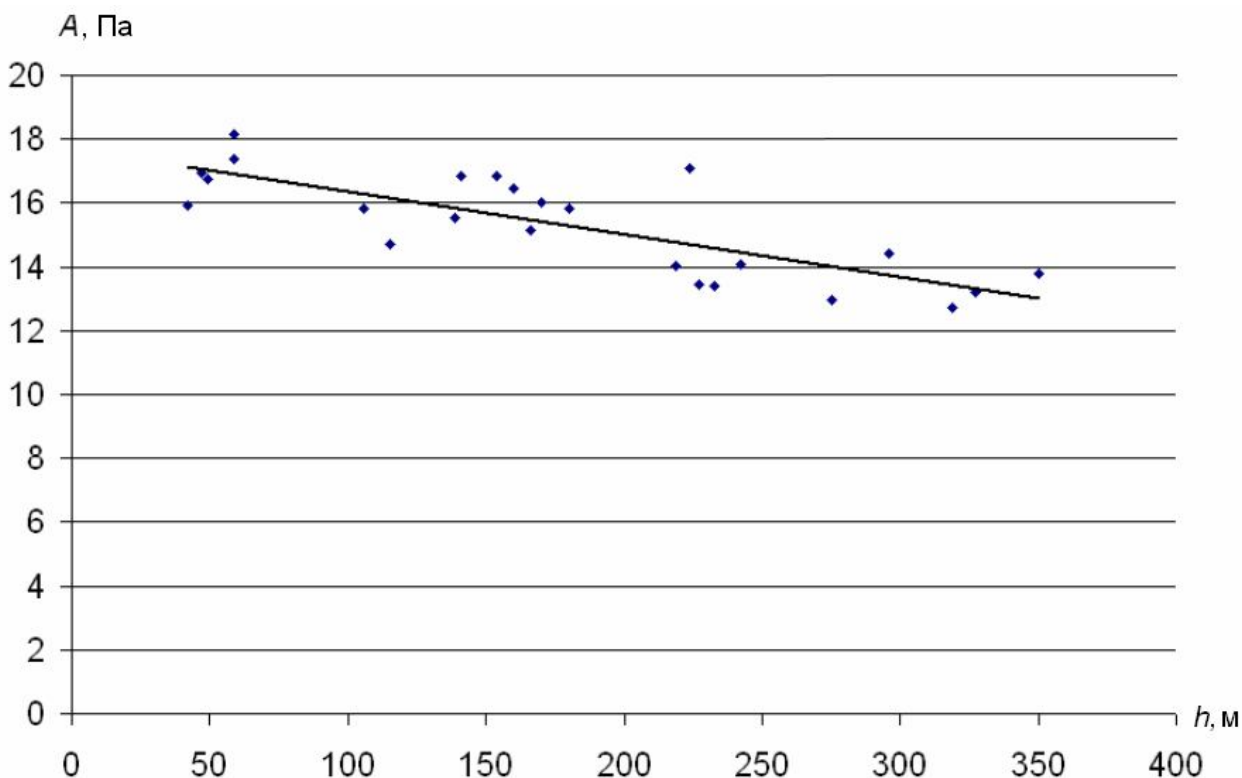


Рисунок 7 – Апроксимаційна крива залежності  $A$  від  $h$

Отже, вимірявши один параметр – температуру повітря, можна визначити інший параметр – середньомісячний атмосферний тиск не вимірюючи його, тобто розрахунковим методом.

Абсолютний тиск природного газу визначається за формулою:

$$p_{\Gamma} = p_n + p_H, \quad (14)$$

де  $p_n$  – надлишковий тиск природного газу, мінімальне значення якого для газопроводів малих діаметрів становить 2 кПа.

З врахуванням формули (14) формула (8) набуде наступного вигляду:

Таблиця 4 – Обчислені значення атмосферного тиску

Місто	Місяці					
	1	2	3	4	5	6
Київ	99944	99678	99698	99832	99833	99290
Черкаси	100568	100349	100301	100375	100274	99617
Чернігів	99921	99607	99530	99773	99734	99229
Житомир	99299	99056	98885	99039	99102	98534
Суми	99248	98807	98925	99414	99480	99096
Полтава	99652	99384	99512	99925	99984	99466
Харків	99506	99201	99398	99948	99824	99369
Луганськ	100534	100150	100353	101042	100681	100407
Донецьк	98648	98410	98756	99484	99373	99282
Запоріжжя	101284	101044	101086	101186	100890	100544
Дніпропетровськ	100007	99767	99907	100286	100066	99831
Кіровоград	99708	99481	99544	99829	99801	99366
Херсон	101814	101603	101442	101337	101021	100761
Сімферополь	100834	100531	100371	100086	99791	99505
Одеса	102028	101927	101682	101386	101095	100588
Миколаїв	101713	101578	101419	101354	101075	100507
Вінниця	98199	98135	98162	98404	98700	98198
Луцьк	99412	99210	98871	98870	98957	98307
Рівне	99380	99176	98902	98962	99039	98414
Львів	98374	98354	98187	98043	98176	97744
Тернопіль	98017	97930	97777	97931	98112	97691
Хмельницький	97577	97428	97447	97815	98033	97642
Івано-Франківськ	98870	98759	98541	98291	98351	97829
Чернівці	99259	99171	99057	99029	99162	98688
Ужгород	100824	101051	101000	100608	100237	99489

Місто	Місяці					
	7	8	9	10	11	12
Київ	99296	99665	99313	99584	99299	99347
Черкаси	99696	100096	99786	100197	100009	100090
Чернігів	99155	99468	99214	99453	99239	99165
Житомир	98500	98874	98585	98828	98633	98727
Суми	98940	99232	98891	98954	98636	98476
Полтава	99502	99807	99464	99571	99222	99090
Харків	99505	99745	99477	99593	99144	98906
Луганськ	100289	100578	100331	100613	100280	100075
Донецьк	99415	99656	99201	99238	98577	98446
Запоріжжя	100767	101127	100890	101257	101013	101044
Дніпропетровськ	99957	100274	99857	100144	99652	99620
Кіровоград	99475	99877	99489	99687	99327	99334
Херсон	101045	101448	101196	101696	101515	101641
Сімферополь	100124	100526	100241	100688	100624	100825
Одеса	100735	101206	101130	101673	101608	101740
Миколаїв	100828	101297	101040	101426	101309	101429
Вінниця	98234	98671	98186	98334	97912	97846
Луцьк	98415	98815	98544	98834	98727	98882
Рівне	98418	98855	98625	98927	98759	98847
Львів	97826	98216	98039	98253	97938	97958
Тернопіль	97778	98197	97805	98036	97599	97570
Хмельницький	97705	98147	97658	97745	97235	97213
Івано-Франківськ	98026	98438	98179	98536	98255	98324
Чернівці	98731	99129	98783	99099	98734	98734
Ужгород	99573	100071	99924	100466	100673	100681



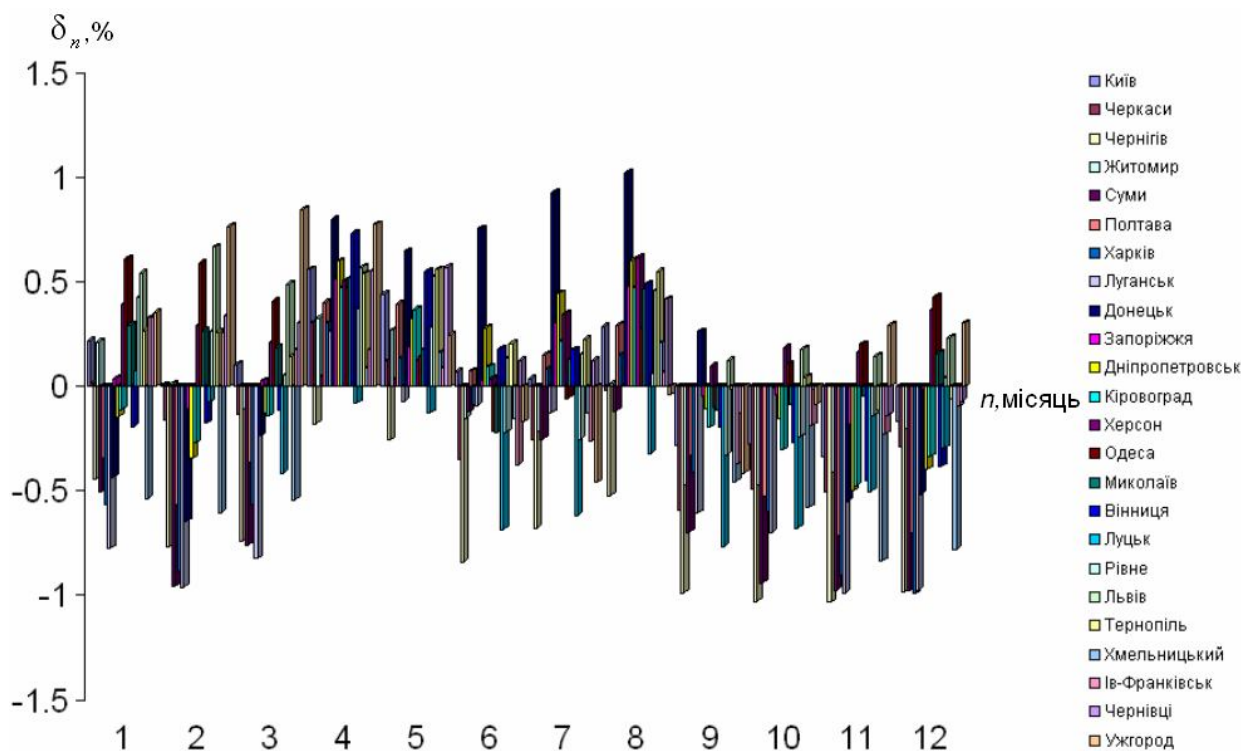


Рисунок 8 – Похибки визначення атмосферного тиску

$$p_n = F_n(t_n + 273,15) + 2000, \quad (15)$$

Рівняння апроксимаційних кривих абсолютних тисків газу для кожного обласного центру України наведені в табл. 5.

З врахуванням формули (15) формула (12) набуде наступного вигляду:

$$p_n = 2000 + [(359,88 - 0,0342h) + (17,707 - 0,0134h) \times \cos(0,523599(n - 1))] \cdot (t_n + 273,15). \quad (16)$$

Формула (16) є математичною моделлю залежності середньомісячного значення абсолютного тиску природного газу від середньомісячної температури повітря в певному ( $n$ -ому) календарному місяці року.

### Висновки

В роботі проведено дослідження кореляційних зв'язків між середньомісячними значеннями абсолютних тисків газу в газопроводах низького тиску та температурою навколишнього середовища. Похибки визначення атмосферного тиску на основі вимірювання температури навколишнього середовища не виходять за границі ( $\pm 1\%$ ) основної похибки вимірювання тиску атмосферного повітря. Отже, описаний метод визначення атмосферного тиску може бути використаний при коригуванні показів приладів обліку енергоносіїв.

Проведено математичне моделювання залежності середньомісячного значення абсолютного тиску природного газу від середньомісячної температури повітря.

Розроблена методологія обчислення значень абсолютного тиску природного газу за результатами вимірювань температури навколишнього середовища може бути використана

газозбутовими організаціями при приведенні облікованих за звітний місяць об'ємів газу до стандартних умов.

Об'єктом подальших наукових досліджень буде розроблення методики приведення до стандартних умов облікованих побутовими лічильниками об'ємів газу за результатами вимірювань об'єму та температури природного газу без необхідності додаткового вимірювання абсолютного тиску газу.

### Література

1 Кузь М.В. Методи та пристрої зменшення впливу кліматичних факторів на облік газу в комунально-побутовій сфері: Дис. канд. техн. наук: 05.11.01. – Львів, 2006. – 157 с.

2 Методика приведення об'єму природного газу до стандартних умов за показами побутових лічильників у разі відсутності приладів для вимірювання температури та тиску газу. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України 26.02.2004 № 116, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 19 березня 2004 р. № 346/8945.

3 Методика визначення питомих втрат природного газу при його вимірюваннях побутовими лічильниками в разі неприведення об'єму газу до стандартних умов. Затверджена наказом Міністерства палива та енергетики України 21.10.2003 № 595, зареєстрована в Міністерстві юстиції України 25 грудня 2003 р. № 1224/8545.

4 Газы. Условия для определения объема: ГОСТ 2939-63. – [Чинний від 1964-01-01]. – М: Издательство стандартов 1988. – 2 с. – (Міждержавний стандарт).

Таблиця 5 – Рівняння апроксимаційних кривих абсолютних тисків газу для кожного обласного центру України

Київ	$p_n = (353,73 + 15,14 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Черкаси	$p_n = (356,66 + 15,82 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Чернігів	$p_n = (357,11 + 15,51 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Житомир	$p_n = (352,36 + 14,01 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Суми	$p_n = (355,09 + 15,80 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Полтава	$p_n = (354,78 + 16,45 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Харків	$p_n = (355,52 + 16,84 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Луганськ	$p_n = (359,53 + 18,15 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Донецьк	$p_n = (351,45 + 17,10 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Запоріжжя	$p_n = (357,27 + 17,37 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Дніпропетровськ	$p_n = (354,57 + 16,84 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Кіровоград	$p_n = (353,90 + 16,00 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Херсон	$p_n = (356,96 + 16,93 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Сімферополь	$p_n = (348,94 + 14,65 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Одеса	$p_n = (357,42 + 15,92 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Миколаїв	$p_n = (357,44 + 16,73 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Вінниця	$p_n = (349,81 + 14,40 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Луцьк	$p_n = (352,83 + 13,39 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Рівне	$p_n = (351,76 + 13,44 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Львів	$p_n = (347,71 + 12,70 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Тернопіль	$p_n = (347,82 + 13,22 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Хмельницький	$p_n = (349,12 + 13,79 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Івано-Франківськ	$p_n = (350,31 + 12,97 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Чернівці	$p_n = (350,77 + 14,06 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$
Ужгород	$p_n = (356,08 + 14,73 \cos(0,523599(n-1))) \cdot (t_n + 273,15) + 2000$

5 Пат. 70683 Україна, МПК 7G01 F1/00 G01 F5/00. Спосіб приведення об'єму газу до стандартних умов / Петришин І.С., Кузь М.В., Гончарук М.І., Панасюк В.Л.; заявник і патентовласник Державне підприємство „Івано-Франківський регіональний науково-виробничий центр стандартизації, метрології та сертифікації”. - № 20031212122; заявл. 23.12.2003; опубл. 15.02.2006, Бюл. №2. – 8 с.

6 Архівні дані Гідрометеоцентру України вимірювань атмосферного тиску (1960-1990 рр.) та температури повітря (1988-2001 р.р.)

7 Андрійшин М.П. Облік природного газу: Довідник / М.П. Андрійшин, О.М. Карпаш, О.Є. Середюк та ін. – Івано-Франківськ: ПП „Сімик”, 2008. – 180 с.: іл.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
16.10.12  
Рекомендована до друку професором  
**О. М. Карпашем**