

**УДК 006.91:681.121.089**

*В.О. Пташніченко, студент гр. ПМ-61м, д.т.н., професор Коробко І.В., Д.О. Синько студент гр. ПМ-61м  
КПІ ім. Ігоря Сікорського*

## **ВРАХУВАННЯ ВІДМІННОСТЕЙ РОБОЧИХ СЕРЕДОВИЩ ПРИ КАЛІБРУВАННІ І ПРАКТИЧНОМУ ЗАСТОСУВАННІ ЛІЧИЛЬНИКІВ ГАЗУ**

**Анотація.** Розглянуто проблеми повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки природного газу. Запропоновано використання критеріїв подібності при калібруванні та практичному застосуванні вимірювальних перетворювачів витрати і методологію використання критеріїв подібності для врахування відмінностей робочих середовищ при калібруванні і практичному застосуванні лічильників газу. Наведено результати розрахунків числа Рейнольдса та Ейлера для різних робочих середовищ.

**Ключові слова:** засоби вимірювальної техніки, критерій подібності, повірка, калібрування.

### **ВСТУП**

Дефіцит та постійний ріст цін на природний газ, обумовлює питання підвищення точності його обліку. Існуючі вимоги щодо допустимі межі похибок вимірювальних перетворювачів витрати (ВПВ), коректорів або обчислювачів, які застосовуються при комерційному обліку, величиною  $\pm 1\%$  не можуть задовольнити вимоги споживачів, оскільки результати отримані при повірці на повітрі при атмосферному тиску, а ВПВ використовуються для реєстрації природного газу із надлишковим тиском. Густина повітря більша за густину природного газу. Тобто ВПВ повіряються, калібруються та використовуються за різних умов, а відповідно і достовірність реєстрації низька.

Отже, важливою задачею є забезпечення можливості повірки та калібрування засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) на повітрі та максимального наближення до результатів повірки та калібрування на природному газу.

### **ВИКОРИСТАННЯ КРИТЕРІЇВ ПОДІБНОСТІ ПРИ КАЛІБРУВАННІ ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Технічна можливість калібрування та повірки засобів ВПВ в умовах, що максимально наближені до експлуатаційних, існує не завжди. Тому виникає потреба вибору між доступними альтернативами і плануванням проведення калібрування і повірки із пристосуванням до конкретних умов. Одним із варіантів вирішення поставленої задачі у процесі калібрування та повірки ЗВТ є застосування теорії подібності газодинамічних процесів, що мають місце в проточній частині приладу, враховуючи при цьому його конструктивні особливості, геометричні розміри та фізичні параметри плинного середовища [1].

Критерій подібності – це безрозмірне характеристичне число, яке складається з заданих розмірних параметрів математичного опису середовища [2]. Використання критеріїв подібності при калібруванні і подальшому застосуванні ЗВТ може стати одним із способів розв'язання проблеми точності обліку природного газу. Для цього пропонується застосовувати критерій подібності Ейлера, Рейнольдса, Прандтля, Струхала, Лагранжа, Релея або їх комбінацій. Безрозмірні коефіцієнти (числа) відповідно характеризують відношення: число Ейлера – сил тиску до сил інерції; число Рейнольдса – сил

в'язкості до сил інерції; число Прандтля – відношення теплофізичних властивостей газу до його теплопровідності; число Струхаля характеризує інерційні гідрогазодинамічні сили, які виникають за не стаціонарного руху газу; число Лагранжа – добуток числа Рейнольдса на Ейлера; число Релея – добуток чисел Рейнольдса та Прандтля. Тобто враховуючи числа подібності, за заданими характеристиками одного середовища можна отримати характеристики іншого. Це дасть можливість здійснювати калібрування приладів за одних умов використовувати їх за інших. Але для отримання правильних результатів калібрування ЗВТ необхідно щоб виконувалась умова газодинамічної подібності, тобто фізичною подібністю середовищ та рівністю визначальних критеріїв. Таких результатів можна досягти шляхом зміни тиску за однакою витрати.

Також важливим моментом такого калібрування є дотримання однаковості геометричних розмірів еталонного та робочого ЗВТ. У разі відмінності геометричних розмірів необхідно використовувати умови газодинамічної теорії подібності та закон збереження маси для усталеного режиму руху газу.

Головною відмінністю між повітрям та природним газом є в'язкість середовища та його густина, то значення відношення  $Re_{\text{повітря}}$  до  $Re_{\text{природ}}$  газу, при атмосферному тиску, за однакової швидкості потоку для значення числа Рейнольдса повітря буде вище ніж природного газу. Зі зростання тиску вказані відмінності між повітрям та природним газом зменшується [1].

Для порівняння середовищ повітря та природного газу використаємо критерій подібності Ейлера та Рейнольдса.

Число Ейлера є безрозмірним та використовується при розрахунках втрат на місцевих опорах у потоках рідин та газів. Воно окреслює відношення падіння тиску на місцевому гідравлічному опорі до кінетичної енергії одиниці об'єму рідини [3].

Число Ейлера визначається за формулою (табл. 1)

$$Eu = \frac{\Delta p}{\rho v^2}, \quad (1)$$

де  $\Delta p$  – перепад тиску;  $\rho$  – густина середовища;  $v$  - швидкість потоку.

Число Рейнольдса – безрозмірне число, яке залежить від швидкості потоку газу, характерного лінійного розміру та властивостей газу [4].

Число Рейнольдса визначається за формулою (табл. 2)

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}, \quad (2)$$

де  $D$  – поперечний переріз через протікає середовище;  $\mu$  - динамічна в'язкість.

Таблиця 1. Порівняння числа Ейлера для природного газу та повітря

$Q, \text{м}^3/\text{год}$	$Eu_{\text{газу}}$	$Eu_{\text{повітря}}$
13	0,0864751	0,0504438
43	0,0079039	0,0046106
73	0,0027424	0,0015997

103	0,0013775	0,0008035
133	0,0008262	0,0004819
160	0,0005709	0,000333
182	0,0004412	0,0002573
204	0,0003512	0,0002048
226	0,0002861	0,0001669
250	0,0002338	0,0001364

Таблиця 2. Порівняння числа Рейнольдса для природного газу та повітря

<b><math>Q, \text{м}^3/\text{год}</math></b>	<b><math>Re_{\text{газу}}</math></b>	<b><math>Re_{\text{повітря}}</math></b>
13	1929,58	3307,86
43	6382,48	10941,4
73	10835,38	18574,95
103	15288,28	26208,49
133	19741,18	33842,03
160	23748,79	40712,21
182	27014,25	46310,14
204	30279,71	51908,07
226	33545,17	57506,01
250	37107,49	63612,84

За результатами розрахунку чисел Ейлера та Рейнольдса для природного газу та повітря (табл.1, табл. 2) можна зробити висновок що між ними є неповна газодинамічна подібність. Для досягнення подібних результатів необхідно розглянути застосування критеріїв подібності та їх комбінацій.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Електронна стаття [Режим доступу]: <http://elar.nung.edu.ua/bitstream/123456789/291/3/5177p.pdf>
2. Електронний ресурс [Режим доступу]: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>
3. Критерій\_подобия. Електронний ресурс [Режим доступу]: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Число\\_Ейлера\\_\(фізика\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/Число_Ейлера_(фізика))
4. Андрішин М.П. Газ природний, палива та оливи: монографія / М.П. Андрішин, Я.С. Марчук, С.В. Бойченко, Л.А. Рябоконь. – Одеса: Астропринт, 2010. – 232 с.