

# ОГЛЯД НАЯВНОГО ПЕРЕПАДУ ТИСКІВ У РОЗПОДІЛЬЧИХ ГАЗОПРОВОДАХ ШАФОВИХ ГАЗОРЕГУЛЯТОРНИХ УСТАНОВОК

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

*Ця стаття присвячена огляду наявного перепаду тисків у розподільчих газопроводах, зокрема в шафових газорегуляторних установках. Розглянуто основні причини та фактори, що впливають на величину тискового перепаду у газових системах. Аналізуються технічні аспекти та технологічні рішення, які допомагають зменшити перепад тиску та підвищити ефективність газорегуляторних установок. Огляд також включає в себе питання безпеки та надійності газопостачання в умовах великого перепаду тиску.*

**Ключові слова:** тиск, газопроводи, газорегуляторні установки, перепад тиску, розподільчі системи, газопостачання.

## Abstract

*This article is devoted to the review of the existing pressure drop in distribution gas pipelines, in particular in cabinet gas regulating installations. The main causes and factors affecting the pressure drop in gas systems are considered. Technical aspects and technological solutions are analyzed, which help to reduce the pressure drop and increase the efficiency of gas regulating units. The review also includes issues of safety and reliability of gas supply in conditions of a large pressure drop.*

**Keywords:** pressure, gas pipelines, gas regulating installations, pressure drop, distribution systems, gas supply.

## Вступ

Питання розподілу та регулювання тиску газу у газових системах мають велике значення для забезпечення безперебійного та надійного газопостачання. Однак великий перепад тиску у газопроводах, особливо в шафових газорегуляторних установках, може призводити до ряду технічних проблем та безпекових ризиків.

Метою цього огляду є розгляд наявного перепаду тисків у розподільчих газопроводах та газорегуляторних установках. Ми дослідимо основні чинники, що впливають на величину перепаду тиску, а також розглянемо можливі технічні рішення та технології, які допомагають зменшити цей перепад тиску та підвищити надійність газопостачання. Питання безпеки та технічної ефективності газорегуляторних установок також буде розглянуто в контексті великого перепаду тиску в газових системах.

## Основна частина

У сучасній практиці постачання природного газу населених пунктів, а також об'єктів житлово-комунального, сільськогосподарського та промислового призначення широкого поширення набули розподільні системи газопостачання на базі шафових газорегуляторних пунктів (ШГРП) [1].

Ефективність проектних рішень систем газопостачання з шафовими ГРП значною мірою визначається правильним вибором розрахункового перепаду тисків у розподільчих газопроводах з урахуванням системного зв'язку елементів технологічного ланцюжка по комплексу: ШГРП - розподільний газопровід - споживач [2].

Як відомо, надійна, безпечна та економічна робота газових приладів забезпечується при тиску газу, близькому до номінальної величини. У цьому створюються найсприятливіші умови спалювання газу. Пальники газових приладів працюють стійко, без відриву та проскоку полум'я та забезпечують необхідну повноту згоряння газу з максимальним ККД [3].

Побутові газові прилади (газові плити, водонагрівачі, опалювальні котли та ін.) випускаються вітчизняними підприємствами для двох номінальних тисків газу:  $P_{ном}^{приб} = 1300 Па$  та  $P_{ном}^{приб} = 2000 Па$  [3].

Гідравлічні режими експлуатації розподільних мереж та газорегуляторних установок зумовлюють певну специфіку роботи газових приладів. При цьому робочий тиск газу перед приладом зазвичай відрізняється від номінальної величини. Газові прилади, підключені на початку траси розподільчого газопроводу (недалеко від ШГРП), працюють при підвищеному тиску газу. Аналогічні прилади, підключені наприкінці траси розподільчого газопроводу (на значній відстані від ШГРП), працюють при зниженому тиску газу [3,4].

Максимально допустимий діапазон зміни тиску у системі газопостачання становить

$$\Delta P_{\max} = P_{\max}^{приб} - P_{\min}^{приб} \quad (1)$$

де  $P_{\max}^{приб}$ ,  $P_{\min}^{приб}$   $k_3$  – максимальний і мінімальний допустимий тиск газу перед приладом, Па.

Граничні коливання тиску газу побутових приладів встановлені відповідними стандартами (табл. 1) [3,4].

Таблиця 1 – Режимы тиску газу для побутових газових приборів

Газовий прибор	$\Delta P_{\max}^{приб}$	$\Delta P_{ном}^{приб}$	$\Delta P_{\min}^{приб}$
Газова плита	1800	1300	650
	2500	2000	1700
Проточний водонагрівач	1800	1300	650
	2780	2000	1700
Опалювальний котел	1764	1274	635
	2744	1960	980
Газова горілка для опалювальної печі	1800	1300	600
	2800	2000	600

У зазначених діапазонах зміни тиску гарантується надійна та безпечна експлуатація газових приладів, економічне використання газу з ККД близьким до максимального значення, довговічність приладів [5].

Як узагальнюючі дані по всій сукупності номенклатури побутових газових приладів можна прийняти [3]:

- для приладів з підвищеним номінальним тиском  $P_{ном}^{приб} = 2000 Па$ ,  $P_{\max}^{приб} = 2500 Па$ ,  $P_{\min}^{приб} = 1700 Па$ ;

- для приладів зі зниженим номінальним тиском тиском  $P_{ном}^{приб} = 1300 Па$ ,  $P_{\max}^{приб} = 1764 Па$ ,  $P_{\min}^{приб} = 650 Па$ .

При цьому максимально допустимий перепад тисків, що реалізується в системі газопостачання, становить:

- для приладів ( $P_{ном}^{приб} = 2000 Па$ )  $\Delta P_{\max} = 2500 - 1700 = 800 Па$ ;

- для приладів ( $P_{ном}^{приб} = 1300 Па$ )  $\Delta P_{\max} = 1764 - 650 = 1114 Па$ .

Збільшення діапазону допустимого перепаду тисків у другому випадку пояснюється тією обставиною, що прилади зі зниженим номінальним тиском газу стійкіші до явищ проскоку та відриву полум'я.

Оскільки зниження номінального тиску газу підвищує також загальний рівень безпеки систем газопостачання, застосування приладів ( $P_{ном}^{приб} = 1300 Па$ ) у газовій практиці більш переважно і доцільно. Сучасні шафні газорегуляторні установки включають комплекс технологічного обладнання, що забезпечує регулювання тиску газу та безпечні режими експлуатації систем газопостачання, у тому числі регулятори тиску газу, а також запобіжні запірні клапани (ЗЗК) та запобіжні скидні клапани (ЗСК) [4].

Наявність зазначеного обладнання та режими його експлуатації істотно впливають на величину тиску газу, що надходить у розподільчі газопроводи.

Відповідно до вимог безпеки, верхня межа спрацьовування ЗЗК  $P_{33K}^{вєрx}$  відповідає умові:

$$P_{\max}^{рег} \leq P_{33K}^{вєрx} \leq P_{33K}^{вєрx} \quad (2)$$

де  $P_{\max}^{рег}$  – максимальне регульований тиск газу.

Зазвичай клапан ЗЗК налаштовується на тиск спрацьовування, що перевищує регульований тиск газу на 25%, а клапан ЗСК налаштовується на тиск спрацьовування, що перевищує регульований тиск на 15% [4].

Максимальний тиск газу на виході з регулятора тиску з умови стійкої роботи газових приладів становить

$$P_{\max}^{рег} = P_{\max}^{нрїб} \quad (3)$$

Сучасні шафові ГРП обладнуються регуляторами тиску прямої дії газу. Дані регулятора не забезпечують сувору сталість вихідного тиску. При максимальному вхідному тиску газу та його витраті, близькому до нуля, вихідний тиск досягає максимальної величини  $P_{\max}^{рег}$ .

При мінімальному вхідному тиску газу та його максимальній витраті вихідний тиск досягає мінімальної величини  $P_{\min}^{рег}$ .

Ступінь нерівномірності регулювання для регуляторів даного типу становить  $\pm 10\%$  від вихідного тиску у всьому діапазоні зміни витрати газу при коливаннях вхідного тиску у розмірі  $\pm 25\%$  від його середньої величини [5].

Таким чином, маємо

$$\frac{P_{\max}^{рег} - P_{cp}^{рег}}{P_{cp}^{рег}} = \frac{P_{cp}^{рег} - P_{\min}^{рег}}{P_{cp}^{рег}} = 0.1 \quad (4)$$

де  $P_{cp}^{рег}$  – середнє значення регульованого тиску.

Вирішуючи спільно рівняння (3) і (4), отримаємо для мінімального тиску газу на виході з регуляторної установки

$$P_{\min}^{рег} = 0.82 * P_{\max}^{нрїб} \quad (5)$$

Нижня межа спрацьовування ПЗК відповідає умові [9]

$$P_{33K}^{нїж} \leq P_{\min}^{рег} - 500 Pa \quad (6)$$

Клапан спрацьовує при аварійній ситуації в системі газопостачання (розрив або протікання газопроводу).

Мінімальний перепад тиску в газовій мережі при мінімальній величині регульованого тиску становить

$$\Delta P_{\min} = P_{\min}^{рег} - \Delta P_{сч} = 0.82 * P_{\max}^{нрїб} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} \quad (7)$$

де  $\Delta P_{сч}$  – втрати тиску в приладах обліку витрати газу (у газових лічильниках). За даними [6] та іншої технічної літератури, зазначені втрати тиску становлять  $\Delta P_{сч} = 200 Pa$ .

Максимальний перепад тиску в газовій мережі при максимальній величині регульованого тиску

$$\Delta P_{\max}^P = P_{\max}^{рег} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} = P_{\max}^{нрїб} - \Delta P_{сч} - P_{\min}^{нрїб} \quad (8)$$

Таким чином, наявний перепад тисків у газовій мережі становить:

- для газових приладів з номінальним тиском  $P_{ном}^{нрїб} = 2000 Pa$ :

$$\Delta P_{\min}^P = 0.82 * 2500 - 200 - 1700 = 150 Pa$$

$$\Delta P_{\max}^P = 2500 - 200 - 1700 = 600 Pa$$

- для газових приладів з номінальним тиском  $P_{ном}^{нрїб} = 1300 Pa$ :

$$\Delta P_{\min}^P = 0.82 * 1764 - 200 - 650 = 596 Pa$$

$$\Delta P_{\max}^P = 1764 - 200 - 650 = 914 \text{ Па}$$

### Висновок

Слід зазначити також, що перепад тисків для газових мереж, що розташовується, навіть при обладнанні останніх побутовими приладами з зниженим номінальним тиском значно нижче рекомендованого СП ( $\Delta P^P \leq 1800 \text{ Па}$ ).

У зв'язку з цим існуюча практика проектування систем газопостачання за умови  $\Delta P^P = 1800 \text{ Па}$  призводить до порушення вимог ДСТУ та ДБН, зокрема, мінімального тиску газу перед приладами. Як наслідок помітно знижується ККД газовикористовувальних установок, збільшується час приготування їжі та гарячої води, а також ймовірність порушення стійкості горіння газу (проскок полум'я).

Впровадження результатів досліджень у практику проектування підвищує надійність та безпеку систем газопостачання та загальну ефективність використання газового палива.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Gas turbine mechanical components, material requirements, auxiliary systems, control systems and protection systems. Engineering Encyclopedia.—Engineering Encyclopedia. Saudi Aramco, 143 p.
2. Brun K., Nored M.G. Guideline for Field Testing of Gas Turbine and Centrifugal Compressor Performance. Gas Machinery Research Council (GMRC), Southwest Research Institute (SWRI). Release August 2006. — 93 p.
3. Macisaac B., Langton R. Gas Turbine Propulsion Systems. John Wiley & Sons, Ltd., 2011. 340 p.
4. Ратушняк Г.С. Энергозберігаючі відновлювальні джерела тепlopостачання./ Ратушняк Г.С., Джеджула В.В., Анохіна К.В. Навч. посібник – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 170 с
5. Ратушняк Г. С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання : навч. посіб. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 94 с.
6. Ратушняк Г.С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання / Навчальний посібник. Вінниця: ВДТУ. - 2001. - 94с

**Круть Олександр Віталійович** – студент, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Науковий керівник: Слободян Наталія Михайлівна**– к.т.н, доцент кафедри ІСБ, Вінницький національний технічний університет ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua

**Krut Oleksandr** – student, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsya national technical university, Vinnytsya city. volinecnazar4@gmail.com

**Scientific supervisor: Natalia Slobodyan** – Ph.D., associate professor of the Department of Information Technology, Vinnytsia National Technical University ORCID 0000-0002-2111-1434, email: slobodian@vntu.edu.ua