

УДК 622.69.

## **Вплив перепаду тиску на мережах газопостачання на ефективність використання газу**

Колієнко А.Г. Шелеманова О.В.

### **АНОТАЦІЯ**

Підвищення ефективного використання природного газу, у тому числі, у побуті, могло б дати можливість скоротити витрати газу в умовах дефіциту його видобування.

Перепад тиску в розподільних, внутрішньоквартальних, домових, цехових і міжцехових газопроводах є одним із найбільш важливих факторів, котрі впливають на економічність, надійність і ефективність роботи системи газопостачання у цілому. При цьому перепад тиску в системі газопостачання залишається найменш регламентованим і контрольованим.

Мета дослідження- аналіз впливу тиску газу на ефективність використання газу і пропозиція переходу на принципово новий спосіб вибору перепаду тиску в газових мережах. В роботі запропоновано здійснювати вибір перепаду тиску в газових мережах за показником гранично допустимих втрат ефективності спалювання газу зменшення ККД паливоспалювального обладнання. Це дає можливість забезпечити скорочення витрат газу за рахунок експлуатаційних факторів і нових підходів проектування газових мереж.

***Ключові слова:** перепад тиску в газових мережах, ККД газоспалюючого обладнання, ефективність використання горючого газу.*

Перепад тиску газу у розподільних, внутрішньоквартальних, – домових, – цехових і міжцехових газопроводах є найважливішим параметром впливу на економічність, надійність і ефективність роботи систем газопостачання. При цьому перепад тиску на мережах газопостачання залишається найменш регламентованим і контрольованим параметром.

Законодавчо, відповідальність за додержання режимів тиску газу у системах газопостачання несуть підприємства газового господарства [1,2]. Нормативами [1], паспортними даними комунально-побутового газового обладнання і практикою проектування передбачено наступні розрахункові втрати тиску  $\Delta p$ , в газопроводах низького тиску:

$\Delta p$  не більше 1800 Па – від джерела газопостачання до найбільш віддаленого приладу;  $\Delta p$  не більше 1200 Па – у розподільних газопроводах;  $\Delta p$  не більше 600 Па – у газопроводах вводах і внутрішніх газопроводах;  $\Delta p$  не більше 1500 Па – у

розподільних газопроводах садибної забудови;  $\Delta p$  не більше 300 Па – у внутрішньодомових і дворових газопроводах садибної забудови.

Згідно [1] « ... гідравлічні режими роботи розподільних газопроводів низького, середнього та високого тисків повинні прийматись за умов створення максимально допустимих втратах тиску газу найбільш економічної та надійної в експлуатації системи, що забезпечує стійкість роботи ГРП, а також роботи пальників обладнання, що використовує газ в допустимих діапазонах тиску газу.

Порядок визначення таких перепадів тиску газу ніякими документами не регламентований. Що вважати за «максимально допустимий діапазон тиску» також не вказується. Проаналізуємо цей фактор.

1. Виходячи із засад безпеки експлуатації пальників паливовикористовуючих агрегатів (ПВА) у якості допустимих можна прийняти такі перепади тиску газу у мережі, які не спричиняють зміни тиску газу перед пальниками до небезпечних величин, які приводять до погасання факелу, нестабільного горіння, або інших ознак небезпечної експлуатації ПВА. Зазначені величини максимального  $P_{\text{макс.доп.}}$  і мінімального  $P_{\text{мін.доп.}}$  тиску газу перед пальниками регламентовані паспортними даними пальників у вигляді максимальної  $N_{\text{макс.доп.}}$ , мінімальної  $N_{\text{мін.доп.}}$  потужності пальника, або коефіцієнту граничного регулювання  $k = \frac{N_{\text{макс.доп.}}}{N_{\text{мін.доп.}}}$ . Прийнятий із таких міркувань перепад тиску буде досить значним і гарантуватиме лише стійку роботу пальників паливовикористовувальних агрегатів (ПВА).

Висока ефективність використання палива при такому діапазоні зміни тиску газу і значних відмінностях тиску від паспортного, номінального значення тиску перед газоспалювальним обладнанням не можлива.

2. Якщо покласти в основу вибору допустимого перепаду тиску  $\Delta p$  економічні показники вартості мережі і ГРП, то будуть отримані зовсім інші величини перепадів тиску, які задовольнятимуть умовам мінімуму функції металоємності і капітальних витрат [3]. Такий підхід був характерним для техніко – економічних

розрахунків мереж у 60-70 рр. минулого століття, коли вартість газу була незначною, а вартість труб - дуже великою.

3. На сьогодні вартість газу значно зросла, і втрати газу внаслідок нерівномірності тиску газу перед обладнанням по довжині газопроводу і, зумовлене цим зменшення ККД ПВА, є більш вагомим чинником, ніж вартість труб.

Ситуація погіршується ще й тим, що згідно [ 4,5] нормований максимально можливий ККД пальників газових плит не перевищує 59 % (!!), а концентрація токсичного монооксиду вуглецю у продуктах згоряння плит обмежується величиною у 925 мг/м<sup>3</sup> для еталонного газу і 1250 мг/м<sup>3</sup> для граничного газу. Для порівняння - гранично допустима концентрація монооксиду вуглецю становить лише 0,5 мг/м<sup>3</sup>.

Для порівняння наведемо нормуєму концентрацію монооксиду вуглецю, СО, для промислових котлів теплопродуктивністю до 3,15 МВт і з висотою димової труби до 28-30 м – вона становить лише 125 мг/м<sup>3</sup>. Не вдаючись до аналізу причин такого парадоксу відмітимо лише надзвичайно низькі нормовані параметри ефективності роботи побутових газових плит і завищені концентрації монооксиду вуглецю, що значно вище допустимих граничних для здоров'я людини величин.

Для більшості ж існуючих у експлуатації побутових газових приладів дійсна величина ККД не перевищує 40-45 %. Таким чином за рік у комунально-побутовому секторі близько 2...3 млрд.м<sup>3</sup> природнього газу втрачається без вороття.

Тому в цій роботі пропонується приймати як «допустимий» такий перепад тиску, який приводить до прийнятної і економічно обгрунтованої величини зменшення ККД ПВА і спричинених цим втрат газу, з врахуванням капітальних витрат на спорудження системи газопостачання.

Розглянемо методику визначення зазначених величин перепадів тиску  $\Delta p$ .

1. Враховуючи лише принцип безпеки експлуатації пальників і втрати стабільності їх роботи величина  $\Delta p$  повинна визначатись на основі аналізу величин  $P_{max.доп}$ ,  $P_{min.доп}$ ,  $N_{max.доп}$  і  $N_{min.доп}$  для усіх видів обладнання, приєднаного до мережі газопостачання. Основними при розгляді такої задачі є параметри роботи провідного

споживача, який розташований у кінці розрахункового напрямку (найдалшого і найнавантаженого) -  $P^k_{\text{макс.доп}}$ ,  $P^k_{\text{мін.доп}}$ ,  $P^k_{\text{ном.}}$ ,  $N^k_{\text{макс.доп}}$ ,  $N^k_{\text{мін.доп}}$ ,  $N^k_{\text{ном.}}$ , де  $P^k_{\text{ном.}}$ ,  $N^k_{\text{ном.}}$  – номінальні значення тиску газу і теплової потужності для провідного споживача. Графічна інтерпретація такого допустимого перепаду тиску подана на рис.1.

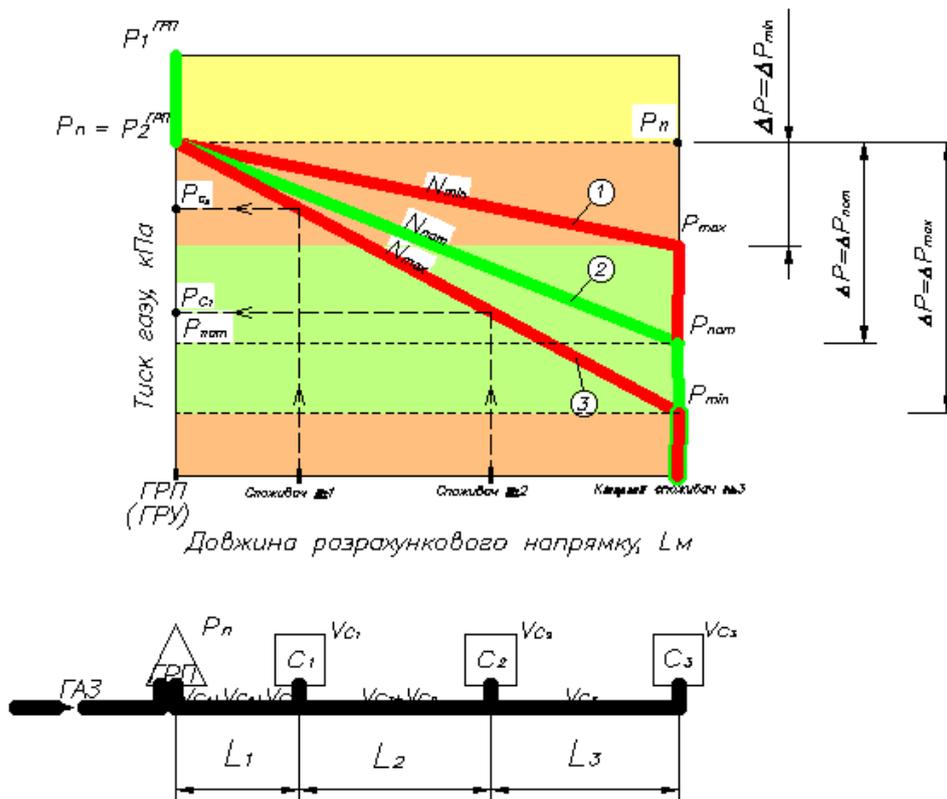


Рис.1. Графік зміни тиску газу за довжиною розрахункового напрямку: 1 – при роботі ПВА з мінімальними потужністю і витратами газу; 2 – те ж з номінальними показниками; 3 – те ж максимальними показниками.

$\Delta p$  – розрахунковий перепад тиску від ГРП до нульової точки по розрахунковому напрямку;  $P^k_{\text{макс.}}$ ,  $P^k_{\text{ном.}}$ ,  $P^k_{\text{мін.}}$  - максимально можливий, номінальний і мінімально можливий тиск газу перед провідним споживачем;  $P_1^{\text{ГРП}}$ ,  $P_2^{\text{ГРП}}$  - тиск газу до і після ГРП.

Введем поняття  $\Delta N$  - допустимої відносної зміни теплової потужності пальника, яка визначається відносно номінальної потужності за відомими паспортними значеннями  $N^k_{\text{макс.доп}}$  і  $N^k_{\text{мін.доп}}$  згідно наступних залежностей:

– для максимально можливої потужності пальника

$$\Delta N_{\text{макс.}} = \frac{N^k_{\text{макс.доп.}} - N^k_{\text{ном.}}}{N^k_{\text{ном.}}} \cdot 100, \% \quad (1),$$

– для мінімально допустимої потужності пальника

$$\Delta N_{\min.} = \frac{N_{\text{ном.}} - N_{\text{мін.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \cdot 100, \% \quad (2).$$

Визначені за формулами (1) і (2) величини  $\Delta N$  визначаються для усіх споживачів, приєднаних до однієї мережі, включаючи провідного споживача. Для однотипних пальників вказані величини  $\Delta N$  будуть однаковими і вирішення задачі спрощується. Для різнотипних пальників з однотипним або близьким за величинами номінальними тисками значення  $\Delta N$  будуть відрізнятися і вирішення задачі стає більш складним.

За визначеними величинами допустимих відносних змін теплової потужності обраховують коефіцієнт допускаємої зміни теплової потужності за залежністю (3):

$$\kappa_{P_i} = 1 + \frac{\Delta N_i}{100}, \text{ част.од.}, \quad (3),$$

– де  $\Delta N_i$  підставляти у %.

Надлишковий тиск газу на початку мережі  $P_n = P_2^{\text{ГРП}}$  (після ГРП) буде визначатись за залежностями (4) або (5):

$$P_n = P_2^{\text{ГРП}} = P_{\min}^{\kappa} + \Delta p \quad (4),$$

$$P_n = P_2^{\text{ГРП}} = P_{\text{ном.}}^{\kappa} + \Delta p_{\text{ном.}} \quad (5).$$

Для однотипних пальників, без індивідуальних регуляторів і стабілізаторів тиску, з однаковими значеннями  $\Delta N$  визначення максимально допускаємого перепаду тиску у мережі може бути виконане згідно наступних залежностей:

– для газопроводів низького тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{мак}} = P_n - P_{\min}^{\kappa} = P_{\text{ном.}}^{\kappa} \left[ \left( \frac{N_{\text{мак.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 - \left( \frac{N_{\text{мін.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 \right] \quad (6),$$

– для газопроводів середнього тиску:

$$\Delta p = \Delta p_{\text{мак}} = P_n - P_{\min}^{\kappa} = P_{\text{ном.}}^{\kappa} \left[ \left( \frac{N_{\text{мак.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 \cdot k_{P_n} \cdot k_{\rho_n} - \left( \frac{N_{\text{мін.доп.}}}{N_{\text{ном.}}} \right)^2 \cdot k_{P_{\min.}} \cdot k_{\rho_{\min.}} \right] \quad (7),$$

де  $P_{\text{ном.}}^{\kappa}$  – номінальний надлишковий тиск газу перед пальником провідного споживача;

$k_{\rho_n}$   $k_{\rho_{\min.}}$  – коефіцієнти коригування густини;

$k_{P_n}$ ,  $k_{P_{\min}}$  – коефіцієнти зміни початкового і мінімального тиску, визначається за залежностями:

$$k_{P_n} = \left( \frac{P_{\text{ном.}}^{\kappa} + P_{\text{бар.}} - P_{\text{вп}}}{P_n + P_{\text{бар.}} - P_{\text{вп}}} \right)^2 \quad (8);$$

$$k_{P_{\min}} = \left( \frac{P_{\text{ном.}}^{\kappa} + P_{\text{бар.}} - P_{\text{вп}}}{P_{\min} + P_{\text{бар.}} - P_{\text{вп}}} \right)^2 \quad (9);$$

$$k_{\rho_{\min}} = \frac{\rho_{\min.}}{\rho_{\text{ном.}}}; \quad k_{\rho_{P_n}} = \frac{\rho_{P_n}}{\rho_{\text{ном.}}}, \quad (10).$$

де  $\rho_{\min.}$ ,  $\rho_{P_n}$ ,  $\rho_{\text{ном.}}$  – значення густини газу під мінімальним, максимальним (початковим) і номінальним тиском, відповідно.

Для пальників з різними величинами  $\Delta N$  визначення величини допустимого перепаду і початкового тиску на газопроводах середнього і низького тиску здійснюються для кожного розрахункового напрямку від ГРП (ГРУ) до провідних споживачів, а також для найдалших споживачів із найменшими значеннями  $\Delta N$ .

Для кожного із таких споживачів визначається величина  $P_{\Pi}$ , а потім із них вибирається мінімальне значення. Розрахунок  $P_{\Pi}$  рекомендується виконувати у наступній послідовності:

а) визначають середнє квадратичне значення відносної максимальної зміни теплової потужності (або витрат газу) по ділянкам мережі з урахуванням їх довжин для вибраних розрахункових точок згідно залежності (11):

$$n_j = \sqrt{\frac{\left(\frac{V_{\min.1}}{V_{\max.1}}\right)^2 l_1 + \left(\frac{V_{\min.2}}{V_{\max.2}}\right)^2 l_2 + \left(\frac{V_{\min.3}}{V_{\max.3}}\right)^2 l_3 + \dots + \left(\frac{V_{\min.n}}{V_{\max.n}}\right)^2 l_n}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}}, \quad \text{част.од.}, \quad (11),$$

де  $V_{\min.1}, V_{\min.2}, V_{\min.3}, \dots, V_{\min.n}$  – мінімально можливі витрати газу по ділянкам газової мережі для вибраних напрямків  $j=1 \dots k$ , згідно паспортних даних пальників,  $\text{нм}^3/\text{год}$ ;

$V_{\max.1}, V_{\max.2}, V_{\max.3}, \dots, V_{\max.n}$  – максимально можливі витрати газу по ділянкам газової мережі для вибраних напрямків, згідно паспортних даних газових пальників.

Якщо розрахунок здійснюється відносно номінальних витрат  $V_{\text{ном.}}$  тоді формула (11) має вигляд залежності (12):

$$q_{n_j} = \sqrt{\frac{\left(\frac{V_{\text{мін.1}}}{V_{\text{ном.1}}}\right)^2 l_1 + \left(\frac{V_{\text{мін.2}}}{V_{\text{ном.2}}}\right)^2 l_2 + \left(\frac{V_{\text{мін.3}}}{V_{\text{ном.3}}}\right)^2 l_3 + \dots + \left(\frac{V_{\text{мін.n}}}{V_{\text{ном.n}}}\right)^2 l_n}{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}}, \quad \text{част.од.}, \quad (12),$$

де  $V_{\text{ном.1}}, V_{\text{ном.2}}, V_{\text{ном.3}}, \dots, V_{\text{ном.n}}$  - номінальні витрати газу по ділянках газової мережі для вибраних розрахункових напрямків, згідно паспортних даних газових пальників,  $\text{нм}^3/\text{год}$ .

б) визначають величини відносних довжин ділянок газопроводів від початкової точки мережі (ГРП) до вибраних споживачів, які віднесені до загальної довжини розрахункового напрямку від ГРП до кінцевого споживача кожного розрахункового напрямку. Якщо вибраний споживач знаходиться у кінцевій точці розрахункового напрямку, то  $m=1$ . Визначення величини  $m$  виконується за залежністю (14)

$$m_i = \frac{\sum l}{\sum l_j} \quad (14),$$

де  $\sum l$  - сума довжин ділянок газопроводів від ГРП до розрахункового споживача, м;

$\sum l_j$  - сума довжин ділянок газопроводів від ГРП до кінцевої (нульової) точки розрахункового напрямку, м.

в) величину початкового тиску кожного розрахункового напрямку  $P_n$  визначають із тотожності (13):

$$\left(1 + \frac{\Delta N}{100}\right)^2 = \frac{10\sqrt{P_n^2(1-mn^2) + mn^2 - P_{\text{ном.}}^2} - 1}{10\sqrt{P_n^2(1-m) + mP_{\text{ном.}}^2} - 1}, \quad (13),$$

де  $P_n$  - абсолютний тиск на початку мережі (тиск після ГРП) в МПа.

$P_{\text{ном.}}$  - абсолютний номінальний тиск газу перед пальником споживача по вибраному розрахунковому напрямку.

Визначення  $P_n$  за формулою (13) здійснюється за кожним розрахунковим напрямком.

Перепад тиску на мережі визначають за залежністю:

$$\Delta P = P_n - P_{\text{ном.}},$$

де  $P_{п}$  – найменше значення  $P_{п}$ , одержане із розрахунків за вибраними напрямками.

2. Визначення величини  $\Delta P$  із умов мінімальної металоемності системи викладене в [3] і у даній роботі не розглядалось.

3. В основу визначення величини перепаду тиску на газопроводах із міркувань мінімальних витрат газу і ККД ПВА необхідно покласти дослідження залежності зміни ККД від тиску газу, або потужності перед пальниками ПВА.

Для промислових і побутових ПВА відхилення типової потужності у бік зменшення від номінального на 10% спричиняє втрату ККД на 0,2 – 0,5%, а у бік збільшення – на 0,8 – 1,0% [4].

Експериментальні дослідження пальників сучасних газових плит також свідчать про суттєве зменшення їх термічного ККД уже за умови відхилення теплової потужності пальника на 10 - 15% від номінальних значень як у бік зменшення, так і збільшення (рис. 2.).



Рис. 2. Залежність коефіцієнту корисної дії (ККД) газової плити від тиску газу перед пальниками.

Так, якщо тиск газу перед газовою плитою збільшиться від номінального значення (1270 Па) до 3000 Па, то ККД зменшиться від 45% до 29%, а під тиском у 3500 Па ККД дорівнюватиме вже близько 20%. Зменшення ККД пальників плит супроводжується різким погіршенням екологічних показників їх роботи – при

згоранні палива утворюється набагато більше небезпечного монооксиду вуглецю та інших продуктів неповного згорання.

Графік залежності концентрації монооксиду вуглецю CO у продуктах згорання і втрат теплоти з хімічним недопалом від тиску газу перед газовою плитою поданий на рис. 3. Графік одержаний на основі експериментальних досліджень пальників газових плит і підтверджує стрімке збільшення вмісту CO у продуктах згорання при відхиленні тиску газу від номінальних значень. Таким чином, коливання тиску газу для побутових споживачів буде призводити додатково ще й до погіршення санітарно-гігієнічних умов проживання людей.

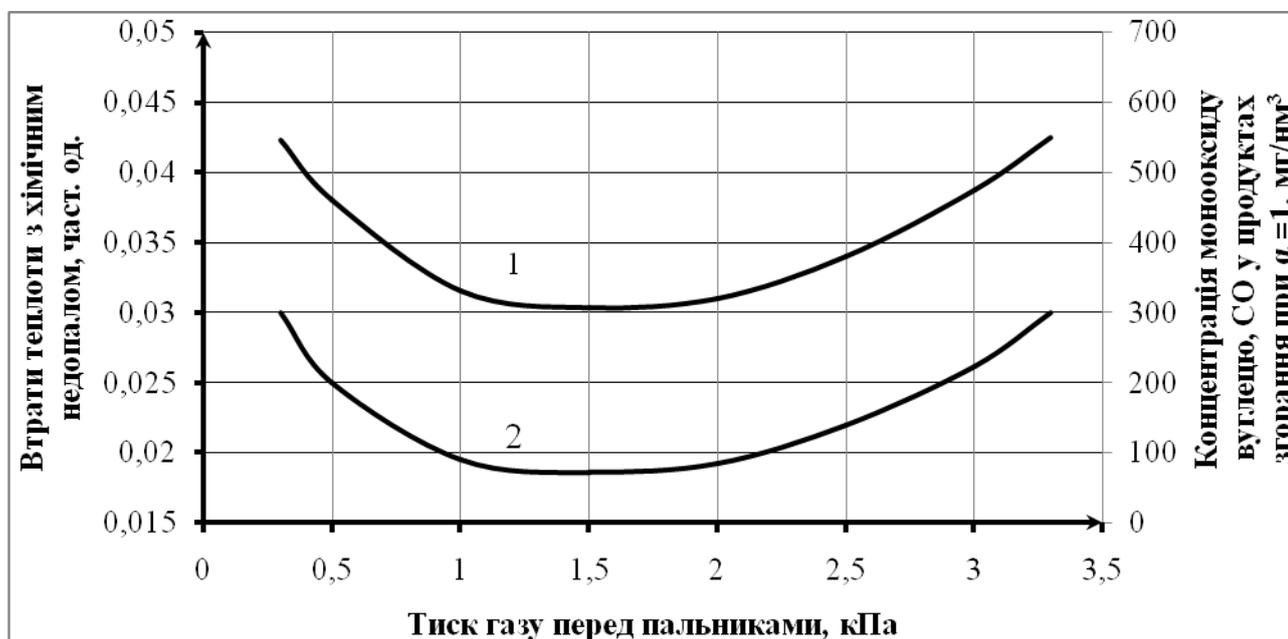


Рис. 3 Залежність вмісту монооксиду вуглецю у продуктах згорання (1) і втрат теплоти з хімічним недопалом (2), від тиску газу перед пальниками газових плит.

Основним фактором, який спричиняє різке погіршення ефективності використання газу у побутових приладах у випадку відхилення тиску газу від номінального є значне збільшення втрат теплоти з відхідними газами. На рис. 4 наведені результати досліджень зміни таких втрат теплоти від величини тиску газу для газової плити (досліди проводились за умов, які регламентуються згідно [3]).

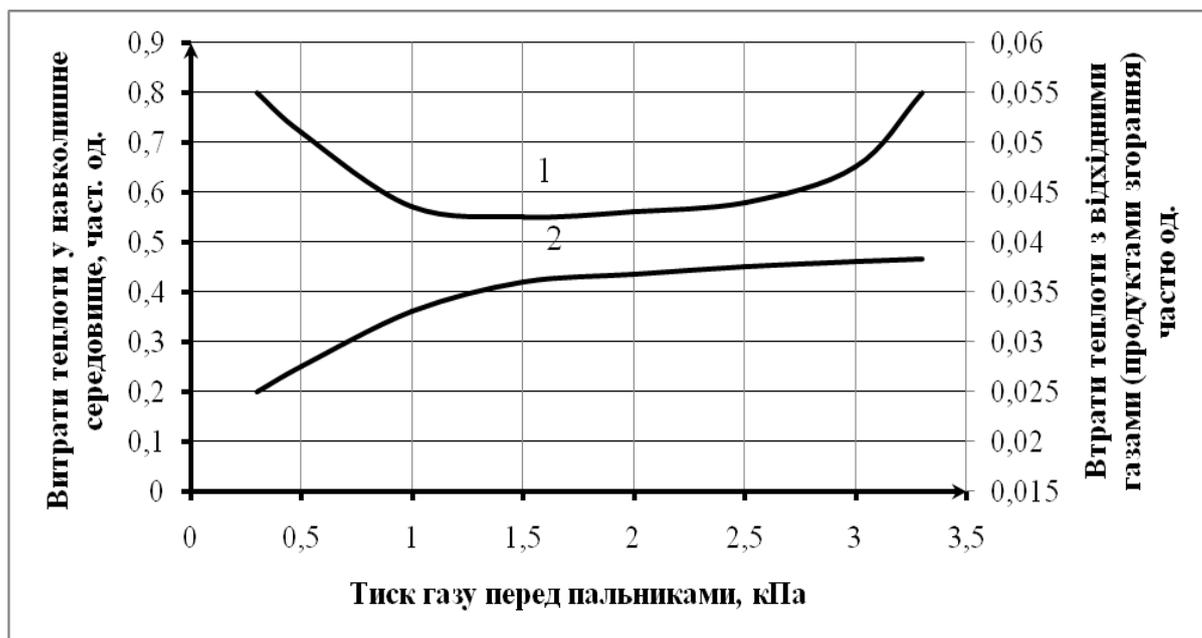


Рис.4. Витрати теплоти з відхідними газами (1) і у навколишнє середовище (2) залежно від тиску газу перед пальниками газових плит.

Аналогічною є ситуація і для побутових газових котлів. Частина виробників котлів (особливо закордонних) коректно і цілком виправдано подають величину ККД котлів залежно від величини їх теплової потужності, Так, наприклад за умови підтримання номінальної теплової потужності ККД котла Eurobongas становить близько 90 %, а при зменшенні тиску газу і зниженні потужності до 30% від номінальної величина ККД уже не перевищує 85%. На жаль, переважна більшість виробників котлів таких даних, як правило, не дають.

Отже вибір і практичне дотримання перепаду тиску газу по критерію обмеженого і прогнозованого зменшення ККД може стати важливим важелем підвищення ефективності використання газу і зменшення його втрат у ході транспортування і використання. Вплив гідравлічних режимів роботи газорозподільних мереж на ефективність використання газу у ПВА є незаперечним. Тому залучення газорозподільних організацій до розв'язання проблем енергоощадності може стати потужним фактором зменшення як витрат, так і втрат газу. Вплив якості і вологості газу на вказані проблеми висвітлені в [4].

Визначення величин  $N_{\max.}$ ,  $N_{\min.}$ , які обґрунтовані допускаємим падінням ККД, необхідно виконувати згідно графіків, аналогічних рис.2. Можна також

скористатись паспортними даними ПВА. Задаються допускаємими величинами зменшення ККД як в сторону зменшення, так і збільшення номінальної теплової потужності. Визначають відповідні значення  $N_{мак.}$ ,  $N_{мін.}$ ,  $N_{ном.}$ . Обрахунок перепаду тиску виконують за залежностями (6 – 10), замінивши у формулах  $N_{мак.доп.}$  на  $N_{мак.}$  і  $N_{мін.доп.}$  на  $N_{мін.}$ .

Як приклад, визначимо величину рекомендуємого перепаду тиску  $\Delta P$  на мережі низького тиску. Основний вид споживачів газу – житлові будинки,  $P_{ном.} = 1270$  Па,  $N_{ном.} = 12$  кВт. Допускаєме падіння ККД у напрямку як зменшення так і збільшення  $P_{ном.}$  задаємося на рівні 2,5%. Із графіків  $\eta = f(P_r)$  визначаємо  $N_{мін.} = 9,8$  кВт,  $N_{мак.} = 15,3$  кВт.

Розрахунковий перепад тиску, згідно пропонуємої методики повинен становити  $\Delta P = 1200$  Па. Рекомендований згідно [1] перепад тиску дорівнює  $\Delta P = 1800$  Па.

Реальні заміри тиску газу перед газовими побутовими приладами показують, що дійсні величини перепаду тиску у газорозподільних мережах низького тиску значно перевищують вказані величини, особливо у холодний період року. Саме у цей період року газорозподільні організації мають найбільші витрати газу.

Почасти це пояснюєтся обмеженою пропускнуою здатністю газових мереж, які не задовольняють темпів розвитку інфраструктури міст і автономних систем теплопостачання, а у більшості випадків – це наслідок порушення гідравлічного режиму роботи газових мереж. Сприяє цьому і незадовільна якість обладнання у районних ГРП.

На нашу думку саме у вказаних напрямках необхідно зосередити зусилля газорозподільним організаціям у пошуку витрат газу. Компенсація штрафними санкціями, в основі яких лежать перерахунки за фактично не споживаний газ, як це зараз робиться, не виявляє істинних причин втрат газу, а тому не вирішує проблему у цілому.

Проектування газових мереж на розрахунковий перепад тиску, визначений згідно запропонованої методики прогнозованого зменшення ККД, дає можливість суттєво скоротити марнотратство природного газу, яке має місце на сьогодні.

Розрахунки показують, що за умови збереження у газових мережах перепадів тиску на існуючому рівні перевитрати газу внаслідок зменшення ККД тільки у газових плитах становлять близько 40 тис м<sup>3</sup> на кожну тисячу жителів. З врахуванням аналогічного зменшення ККД у опалювальних побутових агрегатах і проточних водонагрівачах загальні перевитрати газу одним житловим будинком опалюємою площею 100-120 м<sup>2</sup> будуть становити 480-520м<sup>3</sup>/рік. На кожну тисячу житлових будинків перевитрати становитимуть 0,5 млн.м<sup>3</sup> за рік. Якщо будинок обладнаний газовим лічильником, то такі перевитрати будуть сплачені самим споживачем газу, а якщо лічильник відсутній, то вони попадають у розряд втрат газу.

На районних ГРП, які здійснюють подачу газу в мережу низького тиску, також, як правило, відсутні вузли обліку газу.

Але зазначена проблема втрат газу у результаті неконтрольованого зменшення ККД газових приладів досі не розглядається ані в Національному агентстві з енергоефективності та енергозбереження України, ані в газорозподільних організаціях.

Реалізувати рекомендації із зменшенням величини  $\Delta P$  на існуючих мережах можна за рахунок влаштування додаткових ГРП і зменшення радіусу їх дії. По можливості, при реконструкції газових мереж, гідравлічні розрахунки здійснювати на основі рекомендованих перепадів тиску.

Методика може бути використана також при визначенні розрахункового перепаду тиску у внутрішньо цехових і міжцехових газопроводах.

#### Література

1. ДБН В.2.5-20-2018. Газопостачання. – К. 2018.
2. ДНАОП 0.00-1.20-22. Правила безпеки систем газопостачання України. К., 2022.
3. Колієнко А. Г. Вплив якості газу і режимів його тиску на показники роботи газового обладнання// Ринок інсталяцій. – 2008. №10 – с.7-11.

4. ДСТУ EN 30-1-1:2015 Плиты газовые бытовые. Часть 1-1. Требования безопасности. Общие положения (EN 30-1-1:2008+A3:2013, IDT)
5. Плити газові, побутові. Загальні технічні умови. ДСТУ 2204-93. К., Держстандарт України, 1993-45С.