

**Дорошенко Юлія Іванівна**

*кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри транспорту і зберігання нафти і газу  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу*

**Дорошенко Юлія Ивановна**

*кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры транспорта и хранения нефти и газа  
Ивано-Франковский национальный технический университет нефти и газа*

**Doroshenko Juliya Ivanivna**

*Ph.D., Associate Professor, Department of oil and gas transport and storage  
Ivano-Fankivsk National Technical University of Oil and Gas*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕПЛОТИ ЗГОРАННЯ ГАЗУ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПАРАМЕТРИ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ

### STUDY OF IMPACT OF GAS COMBUSTION HEAT ON OPERATING PARAMETERS OF GAS NETWORKS

**Анотація.** Досліджені теоретичні питання впливу теплоти згорання газу на експлуатаційні параметри газових мереж населених пунктів.

**Ключові слова:** система опалення, нижча теплота згорання газу, індивідуальна норма витрати газу, коефіцієнт корисної гії котла, вологість.

**Аннотация.** Исследованы теоретические вопросы влияния теплоты сгорания газа на эксплуатационные параметры газовых сетей населенных пунктов.

**Ключевые слова:** система отопления, нижняя теплота сгорания газа, индивидуальная норма расхода газа, коэффициент полезного действия котла, влажность.

**Summary.** Theoretical questions of the impact of gas combustion heat on operating parameters of gas networks of settlements where studied.

**Key words:** heating system, gas lower calorific value, individual gas flow rate, boiler efficiency, humidity.

Система опалення — це сукупність зв'язаних між собою конструктивних елементів, призначених для одержання, транспортування та передачі необхідної кількості теплоти опалюваному приміщенню.

Будь-яку теплоенергетичну систему з метою аналізу можна умовно розбити на три основні ділянки: ділянку виробництва теплової енергії (котельня); ділянку транспортування теплової енергії споживачу (трубопроводи теплових мереж); ділянку споживання теплової енергії (опалювальний об'єкт). Кожна з наведених ділянок володіє характерними непродуктивними втратами, зниження яких і є основною функцією енергозбереження. Головною ланкою на ділянці виробництва теплової енергії є котлоагрегат, функціями якого є перетворення хімічної енергії палива в теплову і передача цієї енергії теплоносію. У котлоагрегаті відбувається ряд фізико-хімічних процесів, кожен з яких має свій ККД. І будь-який котлоагрегат, яким би досконалим він не був, обов'язково втрачає частину енергії палива в цих процесах.

Розрізняють наступні види споживання газу: в квартирах, в комунальних та суспільних закладах, на опалення і вентиляцію будівель, на промислових підприємствах.

Нормування витрати палива — це встановлення планової міри його виробничого споживання. Метою нормування витрати газу є підвищення ефективності використання газу. Нормуванню підлягає увесь розхід газу котельними незалежно від об'єму його споживання.

Індивідуальна норма витрати газу — питома витрата газу на вироблення 1 Гкал (1 ГДж) тепла котлом даного типорозміру визначається за нормативними характеристиками котла при паспортній теплопродуктивності.

Детальний аналіз літературних джерел стосовно питання дослідження дозволив окреслити наступні чинники впливу: тип об'єкту; геометричні параметри будівлі; температурні параметри приміщення та навколишнього середовища; конструктивні особливості будівлі; функціональне призначення приміщень;

тривалість опалювального сезону; кількість проживаючих в будинку; число точок гарячої води; якість газу.

Більшість цих факторів врахувати із необхідним ступенем точності не вдається, тому норми витрат розробляються на основі дослідних даних по споживанню газу та їх статистичному аналізу. Особливо важко нормувати витрати газу у квартирах, так як він залежить від степені обслуговування міських жителів комунальними послугами. Норми враховують усереднені умови. У будівельних нормах та правилах наводяться норми річної витрати газу для усіх категорій споживачів, які вказуються по витраті тепла у газі віднесеній до 1 людини або умовної одиниці. Тому нормування витрати газу залежить від визначення теплотворної здатності газу. Знаючи витрату тепла визначають витрату газу із врахуванням коефіцієнту корисної дії джерела тепла. При перерахунку на газове паливо необхідно враховувати можливості покращення чи погіршення технології та відповідно скорочення або збільшення витрати газу за рахунок зміни його якості. Для проектних розрахунків необхідно визначити індивідуальну норму витрати палива окремим газовим обладнанням при оптимальних експлуатаційних умовах.

Газ відіграє важливу роль в енергетичному балансі нашої країни. При цьому, від його якості напряму залежить ефективність і надійність роботи енергетичних пристроїв, їх технічні показники та енерговіддача.

Тому загальну тему досліджень можна умовно поділити на декілька частин і провести окремі дослідження по кожному питанню. В даній частині роботи дослідимо вплив теплоти згорання газу (якості газу) на енергоефективність системи газопостачання будинку.

Фізичні властивості газу в значній мірі залежать від температури і тиску, його складу і вологості. Вологість — це один із показників газу, який стараються зменшити усіма способами. Тому тема даного дослідження є актуальною на сьогоднішній день.

Фізичні властивості вологого газу характеризується параметрами його стану, якими є температура  $t$ , вологовміст  $d$ , абсолютна  $\gamma_n$  і відносна вологість  $\varphi$ , густина  $\rho$ , температура точки роси  $t_{рос}$ , ступінь насичення  $\psi$ , парціальний тиск водяної пари  $p_n$ , ентальпія  $I$ . Для визначення усіх величин, характеризуючи стан вологого газу, як правило, достатньо знати хоча би два параметри.

При використанні газу для опалення необхідно враховувати його характеристики, у тому числі і вологість, яка залежить від температури і тиску.

Підвищена вологість газу негативно впливає на віддачу тепла. Погіршення параметрів, яке виникає під час впливу перепаду температур, призводить до утворення конденсату у трубах. Як наслідок передчасна корозія газопроводу та арматури.

Слід зазначити, що випадання конденсату є значною проблемою, оскільки в результаті постійного впливу вологи в деяких місцях газотранспортної системи буквально за кілька років можуть утворюватися свищі або корозійна розгерметизація. Що в свою чергу, веде до витоку газу. А враховуючи, що велика частина підземних, та й внутрішньобудинкових газових комунікацій недоступна для ретельного огляду, а значить, місця витоків важко діагностувати, боротьба з високою вологістю газу набуває особливого значення.

Другим наслідком підвищення вологості є низька питома теплота згорання, яка впливає на витрату палива і якість обігрівання приміщення.

У газопромисловій практиці, як показник вологості, частіше використовують значення температури точки роси вологи — температури початку конденсації(кристалізації) пари вологи, яка є присутньою в складі газу при визначеному тиску. У нормативних документах, в більшості, регламентується саме значення температури точки роси вологи з огляду на її найбільшу інформативність.

При споживанні природного газу основними показниками його якості є показники його теплотворної здатності, вміст корозійно-активних компонентів та домішок у твердому стані. Крім того рідкі фази води та вуглеводневих фракцій мають бути відсутніми. Відповідність показників якості газу у споживача нормам, можна гарантувати тільки при виконанні вимог, які висуваються щодо газу, який подається у газопроводи для транспортування після його підготовки на промислі.

Особливе значення при підготовці газу приділяється точці роси, тому що в присутності вологи в трубопроводі створюються сприятливі умови і для утворення гідратів, і для корозії обладнання. Через це газ, що подається в газопровід для транспортування, має бути осушеним до такого стану, при якому за будь-яких термогазодинамічних умов в газопроводі на шляху транспортування газу до споживача вологи, яка є присутньою в газі в пароподібному стані, не буде переходити в рідкий стан. Забезпечення цієї умови визначається значенням температури точки роси, яка обумовлює мінімально можливу температуру рівноважного стану «газ-волога». Також важливим показником є температура точки роси вуглеводнів, значення якої показує глибину вилучення важких вуглеводневих фракцій з газу і, при дотриманні її нормованого значення, гарантується транспортування газу без утворення вуглеводневого конденсату. Як правило, нормативні вимоги до якості газу, що подається для транспортування, встановлюються в окремих документах державного рівня.

Виконання вимоги приведення значення температури точки роси до умовного тиску порівняння є

особливо важливим для транспортування, адже значна частка українських родовищ перебуває на завершальній стадії експлуатації і видобування газу проводиться при низьких тисках. При цьому не меншої значимості набуває питання встановлення обґрунтованого значення умовного тиску порівняння, адже встановлення надмірно жорстких вимог до температури точки роси вологи призведе до зайвих затрат на осушування газу. Це питання було опрацьовано при розробці нових технічних умов на газ, що подається з родовищ, газопереробних заводів та підземних сховищ України до магістральних газопроводів, в якому були встановлені вимоги щодо вологості газу.

У роботі були розраховані фізичні властивості для сухого газу, який використовується в системі газопостачання сільського населеного пункту. Також були розраховані фізичні властивості газу з врахуванням поправки на вологість. Ця поправка розраховувалась за двома методиками. Згідно першої методики волога, яка наявна в газі впливає на молярну масу газу, а це в свою чергу на густину, в'язкість, та нижчу теплоту згорання газу. Від нижчої теплоти згорання газу залежить необхідний об'єм постачання газу. Згідно другої методики, вологовміст газу впливає на молярну масу і густину.

Проведено розрахунок зміни властивостей природного газу в залежності від наявної кількості у ньому вологи. Максимальний вміст вологи, який допускається у системах газопостачання становить 200 г/м<sup>3</sup>. Для розрахунків задавались інтервалом від 1 до 155 г/м<sup>3</sup>.

Порівнюючи результати отримані при розрахунку сухого і волого газу мною було виявлено, що вологий газ має більшу густину і дещо меншу в'язкість (0,792 кг/м<sup>3</sup>, 12,91 мм<sup>2</sup>/с), ніж сухий газ (0,786 кг/м<sup>3</sup>, 13,05 мм<sup>2</sup>/с), а також зменшується його питома нижча теплота згорання ( $Q_{н.р.} = 36419$  кДж/м<sup>3</sup>, при 37893 кДж/м<sup>3</sup> для сухого). Наслідком таких змін фізичних властивостей є зміна необхідних об'ємів постачання газу, і геометричних параметрів мережі. Розрахунок термодинамічних властивостей газу проводився для сухого і вологого газу. Порівнюючи отримані результати розрахунку можна дійти висновку,

що вологість в газі впливає на два основних показники газової мережі: необхідний об'єм транспортованого газу та на втрати тиску під час транспортування. Так згідно розрахунку годинна витрата сухого газу на ГРП становить 343 м<sup>3</sup>/год, а для вологого — 356 м<sup>3</sup>/год.

Наявність у газі вологи негативно впливає на його фізичні властивості: густину, в'язкість, теплотворну здатність. Вона сприяє корозії, та утворенню гідратів, що блокують трубопровід, запірну арматуру, виводять з ладу контрольно-вимірювальні прилади.

Таким чином пропонується ввести коефіцієнт  $\varepsilon_p$ , який характеризує відхилення норм витрат палива та ККД котла [1, с. 107; 2, с. 282] при роботі в режимі, відмінному від номінального. Реальний коефіцієнт корисної дії котла визначається за формулою

$$\varepsilon_p = \frac{Q_n^{\text{відм}}}{Q_n^{\text{норм}}}, \quad (1)$$

$$\eta_{\text{реал}} = \eta_{\text{пасп}} \cdot \eta_p, \quad (2)$$

де  $Q_n^{\text{відм}}$  — нижча теплота згорання із врахуванням відхилення властивостей газу від нормативних параметрів;

$Q_n^{\text{норм}}$  — нижча теплота згорання газу;

$\eta_{\text{пасп}}$  — паспортне значення ККД котла.

Індивідуальну норму витрати газу розраховуємо за формулою

$$H = \frac{34,121}{\eta_{\text{реал}}}, \text{ [кг у.п./ГДж]}. \quad (3)$$

Отримані залежності в розробленій методиці дозволять врахувати показники якості газу при розрахунку індивідуальної норми витрати газу на виробництво тепла при опаленні приміщень, а також при проведенні проектних гідравлічних розрахунків внутрішніх газових мереж, а також для розроблення техніко-економічного обґрунтування інвестиційних проектів технічної модернізації систем та обладнання. Норми витрат палива, визначені згідно з цією методикою, мають сприяти ефективному використанню палива та супроводжуватись планом організаційно-технічних заходів щодо подальшої його економії.

### Література

1. Дорошенко Ю.І. Огляд сучасних систем опалення та методик дослідження впливу температурних режимів на ефективність їх експлуатації в умовах сільського населеного пункту / Ю.І. Дорошенко // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. — 2014. — № 1 (50). — С. 107–118.
2. Дорошенко Ю.І. Дослідження енергозбереження традиційними методами в умовах населених пунктів / Ю.І. Дорошенко, М.М. Засідко // Прикарпатський вісник наукового товариства ім. Шевченка. — 2016. — № 1 (33). — С. 282–295.