

УДК 696.2

Дослідження проблеми забезпечення оптимального тиску в розподільчих мережах газопостачання перед побутовими газовими приладами

В. А. Коновалюк¹, Ю. Й. Франчук²

¹к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, viktorija.konovalyuk@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5115-7188

²ас. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, franchuk196405@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7910-8705

Анотація. Проведений аналіз фактичних значень тиску газу, даПа, в наявних системах газопостачання. Визначено, що при експлуатації газових мереж населених пунктів виникають зони пониженого надлишкового тиску, даПа, у яких пальники побутових газових приладів не можуть працювати в передбаченому заводами-виробниками режимі. Це призводить до зниження теплової потужності газопальникового пристрою, перевитрати палива та наявності в продуктах згоряння небезпечних сполук. Зниження теплової потужності пальників побутових газових приладів відбувається внаслідок погіршення інжекції і недостатнього змішування газу з повітрям, оскільки спалювання відбувається в режимі, відмінному від номінального. Досліджено значення фактичних тисків, даПа, у вуличній мережі газопостачання, ввідних газопроводах та перед пальниками газових приладів. Розрахована зміна тиску, даПа, у газорозподільній мережі населеного пункту впродовж року та проведений аналіз зміни тиску, даПа, перед пальниками побутових газових приладів вітчизняного та європейського виробництва. Визначено, що відхилення фактичного тиску, даПа, від нормативного перед пальниками газових приладів у зимовий період може сягати близько 30 % для приладів вітчизняного виробництва і 50 % для приладів виробництва країн Європейського Союзу. Запропонований ряд рекомендацій щодо реконструкції й експлуатації розподільчих мереж газопостачання. Урахування їх дозволить підтримувати значення тиску, даПа, перед побутовими газовими приладами на рівні, що рекомендуються в інструкціях з експлуатації.

Ключові слова: газопостачання, надлишковий тиск, втрати тиску, нормативні вимоги

Вступ. Для реалізації політики підвищення енергоефективності Україна як асоційований член Європейського товариства активно впроваджує європейські норми в нормативну базу України. Разом з цим відбувається поступове підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів, застосування енергоефективних технологій та активна заміна застарілого газоспоживного обладнання на сучасне, з більш високим коефіцієнтом корисної дії і рівнем безпеки експлуатації.

Актуальність дослідження. В Україні споживачі активно встановлюють побутові газові прилади європейського виробництва. Останні приєднуються до наявних розподільних мереж низького тиску населених пунктів. При цьому постає проблема недостатньої якості роботи приладів унаслідок нестачі тиску, даПа, у певних точках газової мережі. Фактичне значення тиску газу, даПа, перед пальниками побутового обладнання в період активного його відбору із газотранспортної системи, особливо в зимовий період, менше за рекомендоване заводами-виробниками. Спостерігається зниження теплової потужності пальників при їхній роботі в режимі, відмінному від номінального. Постає проблема необхідності перерозподілу газових потоків у мережі та подачі газу з тиском, даПа, який буде

забезпечувати стаке горіння на пальниках, повноту спалювання та роботу з максимально можливим коефіцієнтом корисної дії.

Останні дослідження та публікації. Газові розподільчі мережі України формувались у 50–80-х роках минулого століття. Вони експлуатуються понад 40 років. Більшість їх відпрацювали нормативний амортизаційний термін. Внаслідок цього відбувається зменшення герметичності системи газопостачання та збільшення гідравлічного опору. Витоки газу з газопроводів призводять до зменшення тиску, даПа, у мережі та суттєвої розбіжності між розрахованим і фактичним тиском, даПа [1].

Пропускна здатність більшої частини міських газопроводів знаходиться в межах 30...70 % від теоретичного значення, що свідчить про накопичення у внутрішній порожнині труб відкладень. Від якості газу, що транспортується міськими газопроводами, залежить пропускна спроможність і ефективність їхньої експлуатації та ремонту. З газом у міські газопроводи потрапляє вуглеводневий конденсат, вода, мінеральний шлак. При цьому підвищується коефіцієнт шорсткості й гідравлічного опору тертя газового потоку. Корозія внутрішньої поверхні трубопроводів також збільшує ці величини. Також у газорозподільних мережах можливе утворення кристалогідратів. Екс-

периментально та теоретично визначено закономірності впливу відкладень у міських газопроводах на газодинамічні режими й ефективність експлуатації [2].

Проводилися теоретичні дослідження ефективності методів обслуговування газових мереж. Встановлено, що для забезпечення розрахункової пропускної здатності газопроводів при їхній реконструкції шляхом протягування поліетиленових труб необхідно здійснювати зміну робочого тиску з низького на середній.

Отримано залежність між питомою теплою згорання природного газу, МДж/м³, та тиском на кінцевих споживачах газових мереж, даПа. Її рекомендовано враховувати при проведенні гідравлічних розрахунків газопроводів [3].

Через суттєве збільшення побутових споживачів газу та приєднання їх до старих мереж газопостачання низького тиску, не на кожному відрізку вдається підтримувати належний тиск, даПа, особливо в пікові періоди холодів. Це призводить до падіння тиску газу, даПа, що надходить до опалювальних приладів, і зменшення їхнього коефіцієнта корисної дії [4].

Проводилися дослідження впливу параметрів природного газу на показники роботи газового обладнання [5]. Запропонована залежність для визначення перепаду тиску, даПа, на підставі допустимого зменшення коефіцієнта корисної дії газового обладнання.

На основі нормованих допустимих нижніх значень числа Воббе, МДж/м³, для певного об'єму сухого природного газу визначено, що потужність пальника газової плити, яка експлуатується в Україні, буде приблизно на 12 % меншою, ніж для аналогічної плити, яка експлуатується в країнах ЄС і споживає такий самий об'єм газу, м³. Отже, низькі значення показника числа Воббе, МДж/м³, у газових мережах суттєво зменшують потужність пальників, Вт, що дає підстави скаржитися споживачам на якість природного газу. [4].

Проводилися дослідження зміни теплової потужності, Вт, газопальникового пристрою відносно номінального її значення залежно від тиску газу, даПа. Визначено, що побутовий газовий прилад ефективно працює тільки коли номінальний тиск, даПа, перед газовим приладом відповідає необхідному номінальному тиску, даПа, наведеному в паспорті приладу [6].

Формулювання цілей статті. Метою роботи є аналіз стану забезпечення оптимального тиску, даПа, перед побутовими газовими приладами та розробка заходів щодо приведення основних параметрів газу до

паспортних вимог для побутових приладів.

Основна частина. Побутові газові прилади працюватимуть ефективно тільки за умови, якщо наявна газова мережа забезпечує необхідну кількість, м³/год, тиск, даПа, і якість газу перед пальниками приладів. Крім того, для спалювання потрібно подати необхідну кількість повітря (кисню), м³/год, для повного згорання природного газу.

У сучасних умовах експлуатації газотранспортної системи розподільних газопроводів спостерігається зниження теплової потужності, Вт, пальників побутових газових приладів унаслідок погіршення інжекції та недостатнього змішування газу з повітрям. Тому спалювання відбувається в режимі, відмінному від номінального.

Масове встановлення приладів обліку газу, що створюють додатковий місцевий опір і призводять до збільшення втрат тиску, даПа, у мережі лише погіршує ситуацію.

У наявних мережах розподільчих газопроводів транспортування газу відбувається на основі рекомендованих нормативними документами й прийнятих при проектуванні значення тиску, даПа:

1. Вихідний тиск газу на ГРП або ШРП не вище 300 даПа [7];
2. Втрати тиску у вуличному газопроводі до 120 даПа, втрати тиску в підвідному внутрішньому газопроводі не більше 60 даПа, а фактичні значення при проектуванні сучасних мереж приймаються за умови, щоб тиск перед пальником у розрахунковому режимі становив $P_{nat} = 120$ даПа [8] (при нормальній експлуатації мережі без зміни вихідного тиску, Па, на ГРП або ШРП відбуваються зміни витрати газу порівняно з проектною, тому змінюються і втрати тиску, даПа, у вуличних і внутрішніх газопроводах, а отже, і тиск перед пальником);
3. Мінімально можливий тиск перед пальником – 70 даПа. [7].

Необхідно зазначити, що тиск газу перед пальниками в газових приладах, що виготовлялись у період до 2010 року, становив 130 даПа, що в цілому забезпечувало нормальні умови спалювання. У теперішній час відбувається реконструкція мереж і заміна побутових приладів на сучасні, більш енергоефективні. Останні вимагають значно більшого тиску, даПа, перед пальниками та іншого числа Воббе [9, 10].

При проведенні планових робіт щодо технічного обслуговування газових приладів

працівниками експлуатаційних організацій істотно збільшилася кількість скарг на неналежну роботу обладнання. Додаткове встановлення в кожного споживача приладу обліку газу, виконане відповідно до Закону України «Про забезпечення комерційного обліку природного газу», призвело до збільшення втрат тиску додатково ще на 60 даПа у кожному встановленому лічильнику. [9].

У багатоквартирних будинках при встановленні лічильників газу додаткові втрати тиску значно вищі за 60 даПа, оскільки:

- типова обв'язка лічильника має діаметр, мм, трубопроводів, що в більшості випадків не збігається з діаметром, мм, увідного газопроводу;
- передбачається додаткова запірна арматури, відводи та інші місцеві опори.

Також фактичні втрати тиску, даПа, у внутрішньобудинковій системі перевищують розрахункові, серед іншого, через:

- збільшення довжини системи (додаткові обв'язувальні газопроводи);
- можливе збільшення навантаження при заміні або додатковому встановленні приладів;
- зменшення поперечного перерізу через засмічення;
- наявність рідкої фракції.

Загалом це призвело до значного зниження тиску газу, даПа, перед пальниками від запроектованого.

При встановленні побутових приладів західноєвропейського виробництва їхніми паспортами передбачено значення номінального тиску перед пальниками газових плит на рівні 200 даПа, а для газових котлів – 250 даПа.

У наявних мережах, що проектувались і будувались наприкінці минулого століття, при встановленні лічильника утворюється такий розподіл тиску:

- 300 даПа на виході із газорегуляторного пункту;
- 120 даПа – втрати тиску газу в розподільчому (вуличному) газопроводі;
- 60 даПа – втрати тиску газу в підвідному і внутрішньобудинковому газопроводах;
- 60 даПа – втрати тиску газу в лічильнику.

Тоді реальний тиск перед пальником побутового газового приладу становить близько 60 даПа. Це менше за мінімальний тиск, даПа, у Правилах безпеки систем газопостачання [7], і значно нижчий за тиск, даПа, рекомендований у паспортах обладнання заводів-виробників.

Досліджено значення фактичного тиску, даПа, у двоступеневій мережі газопостачання

населеного пункту на 8000 мешканців (с. м. т. Білогір'я Хмельницької області). Вимірювалися значення надлишкового тиску, даПа, у:

- вуличних системах газопостачання низького та середнього тиску;
- на ввідних газопроводах у будинки різного призначення та поверховості;
- перед пальниками газоспоживних приладів.

Дослідження проводилися протягом року. Особливу увагу акцентовано на періоди пікових навантажень. Отримані результати зведені до середньомісячних показників (рис. 1). Виконано порівняння фактичного тиску, даПа, перед пальниками побутових газових приладів вітчизняного та закордонного виробництва (рис. 2).

Визначено, що максимальне відхилення реального тиску від нормативно необхідного для вітчизняних приладів становить 421 Па у бік зменшення в січні місяці та 230 Па у бік збільшення в серпні. Для побутових приладів, що виготовлені в країнах Європейського Співтовариства, відхилення тиску знаходиться тільки в діапазоні нестачі, яка фактично становить від 473 до 1124 Па. Отже, прилади закордонного виробництва, які отримують газ від вуличних газопроводів низького тиску, постійно працюють у режимі замалих значень тиску, даПа. У зимовий період нестача становить близько половини від необхідного (48...56 %).

Оскільки прилади закордонного виробництва потребують вищого тиску, даПа, у мережі, необхідно провести уточнення гідравлічного розрахунку на фактичне навантаження та новий допустимий перепад тисків, даПа. Далі необхідно провести вимірювання фактичних значень у зонах пониженого тиску, які виявив гідравлічний розрахунок. Бажано це здійснювати в період пікових навантажень.

На схемі газопостачання населеного пункту слід показати всі зони зниженого тиску, даПа, та виявити їхню динаміку в процесі газоспоживання. Проаналізувати наявну ситуацію в цілому і розробити заходи щодо підвищення тиску, даПа, у найбільш проблемних зонах.

Наприклад, групу багатоповерхових будинків, що потрапляють в зону пониженого тиску, даПа, від'єднати від вуличної мережі низького тиску і приєднати через регулятор до мережі середнього тиску тупиковим відгалуженням. Іншим варіантом вирішення цієї проблеми може бути підживлення наявної кільцевої мережі низького тиску в проблемній зоні підведеним газопроводом середнього тиску.

Отже, якщо встановлювати побутові газові

прилади закордонного виробництва в наявні українські системи газопостачання без приведення робочих тисків, даПа, у відповідність до рекомендованих нормативних значень, а також без забезпечення нормативної теплоти згоряння, МДж/м³, то ефективно спалювання газу на пальниках цих приладів досягти проблематично.

Технічний регламент природного газу [11] передбачає, що з 01.01.2025р. значення тиску газу, який подається до житлових будинків, має бути в межах 170...250 даПа. Забезпечити тиск приблизно 200 даПа уздовж усього газопроводу низького тиску проблематично. Таке значення підтримується біля пунктів дроселювання природного газу.

Висновки. На підставі вищенаведеного рекомендується:

1. При виконанні робіт щодо реконструкції газопроводів середнього і низького тиску, які прокладені на території населених пунктів, бажано виконувати заміну сталевих труб поліетиленовими без зменшення діаметра на ділянках. Метод протягування передбачає зменшення діаметрів. У цьому випадку рекомендується переходити на одноступеневу схему газопостачання (середній тиск);

2. Виробництво теплоти для систем опалення та гарячого водопостачання багатопверхових будинків бажано виконувати за допомогою дахової котельні, яка працює на середньому тиску газу, що дозволить отримати робочий тиск, МПа, близький до рекомендованих значень згідно з паспортом ви-

робу, мінімізує тепловтрати та об'єми будівельно-монтажних і експлуатаційних робіт;

3. Для зменшення втрат тиску в мережі бажано усунути з'єднання на різьбі, що не пов'язані з установленням арматури та контрольно-вимірвальних приладів. За можливості слід мінімізувати кількість з'єднань. Якщо необхідно забезпечити технічне обслуговування вузла, слід застосовувати фланцеві з'єднання та кульові крани;

4. При встановленні загальнобудинкових приладів обліку посилити контроль за дотриманням відповідності діаметрів, мм, трубопроводів основної лінії, байпасу лічильника й запірної арматури до діаметра, мм, увідного газопроводу;

5. З метою збільшення тиску газу в проблемних точках мережі низького тиску дроселювання газу слід проводити ближче до будинку чи групи будинків або безпосередньо на стіні будівлі, що використовує газ. У цьому випадку дозволені втрати тиску в розподільчому газопроводі будуть зведені до мінімуму. Споживач отримає необхідні 200...250 даПа.

Перспективи подальших досліджень. На нашу думку доцільно було б при проектуванні і реконструкції систем газопостачання виконувати гідравлічний розрахунок мереж не тільки традиційно як визначення втрат тиску на ділянках, а проводити також розрахунок повноти забезпечення енергією кожного приладу. Відповідно, є потреба в розробленні методики проведення таких розрахунків.

Література

1. Стасюк Р. Б. Удосконалення методів діагностування витоків з газових мереж / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. / Івано-Франківськ, 2015. – 144 с.
2. Капцова Н. І. Підвищення ефективності експлуатації та ремонту міських газопроводів / Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. - Харків – 2018, 24 с.
3. Височанський І. І. Удосконалення методів обслуговування та ремонту газових мереж з урахуванням енергетичних характеристик природного газу / Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. / Івано-Франківськ, 2019. – 205 с.
4. Петришин І. Аналіз показників якості природного газу, які впливають на процес горіння / І. Петришин, В. Соколовський, Н. Петришин, І. Дарвай // Стандартизація. Сертифікація. Якість. - 2012. - № 3. - С. 51-56.
5. Колієнко А. Г. Вплив параметрів природного газу на показники роботи газового обладнання / А. Г. Колієнко, О. В. Шеліманова // Енергетика і автоматика: ел. наук. фак. вид. / Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. – 2016. – Вип. 4. – с. 212-222.
6. Аналіз фізико-хімічних властивостей природних газів / К. М. Предун // Містобудування та територіальне планування. - 2018. - Вип. 66. - С. 532-539.
7. НПАОП 0.00-1.76-15. Правила безпеки систем газопостачання. – Київ: Основа, 2015. – 179 с.
8. ДБН В.2.5-20:2018. Газопостачання. – Мінрегіонбуд України, 2019.-109 с.
9. Лічильники газу мембранні САМГАЗ, Настанова щодо експлуатування. СМУК.407369 РЭ. – 35 с. – Режим доступу: www.samgas.com.ua
10. ДСТУ 2204-93. Плити газові побутові. Загальні технічні вимоги. – Київ: Держстандарт України, 1993. – 45 с.
11. Проект постанови Про затвердження Технічного регламенту природного газу / Кабінет Міністрів України [Електронний ресурс]. – 2019. – 61 с. – Режим доступу: <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2019/05/4291.pdf>

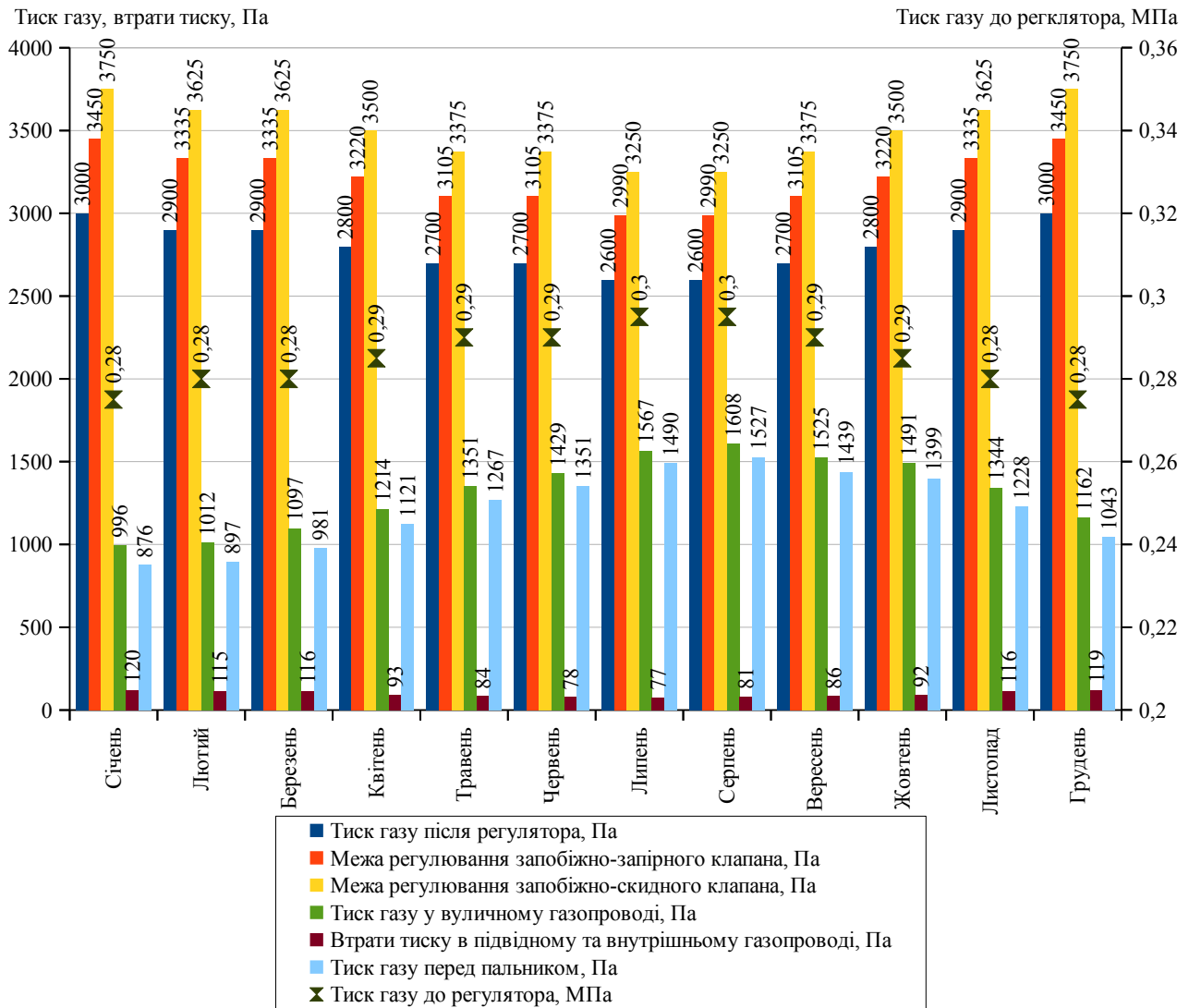


Рис. 1. Зміна тисків у газорозподільній мережі населеного пункту впродовж року

References

1. Stasiuk R.B. Udoshkalennia metodiv diahnostuvannia vytokiv z hazovykh merezh /Dysertatsiia na zdobuttia na-ukovoho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk./ Ivano-Frankivsk, 2015. – 144 s.
2. Kaptsova N.I. Pidvyshchennia efektyvnosti ekspluatatsii ta remontu miskykh hazoprovodiv / Avtoreferat dysertatsii na zdobuttia naukovoho stupnia kandydata tekhnichnykh nauk. - Kharkiv – 2018, 24 s.
3. Vysochanskyi I.I. Udoshkalennia metodiv obsluhovuvannia ta remontu hazovykh merezh z urakhuvanniam enerhetychnykh kharakterystyk pryrodnoho hazu /Dysertatsiia na zdobuttia naukovoho stupenia kandydata tekhnichnykh nauk./ Ivano-Frankivsk, 2019. – 205 s.
4. Petryshyn I. Analiz pokaznykiv yakosti pryrodnoho hazu, yaki vplyvaiut na protses horinnia / I. Petryshyn, V. Sokolovskiy, N. Petryshyn, I. Darvai // Standartyzatsiia. Sertyfikatsiia. Yakist. - 2012. - № 3. - S. 51-56.
5. Koliienko A. H. Vplyv parametrov pryrodnoho hazu na pokaznyky roboty hazovoho obladnannia / A. H. Koliienko, O. V. Shelimanova // Enerhetyka i avtomatyka: el. nauk. fakh. vyd. / Nats. un-t bioresursiv i pryrodokorystuvannia Ukrainy. – 2016. – Vyp. 4. – s. 212-222.
6. Analiz fizyko-khimichnykh vlastyvopei pryrodnykh haziv / K. M. Predun // Mistobuduvannia ta terytorial-ne planuvannia. - 2018. - Vyp. 66. - S. 532-539.
7. NPAOP 0.00-1.76-15. Pravyla bezpeky system hazopostachannia. – K.: Osnova, 2015. – 179 s.
8. DBN V.2.5-20:2018. Hazopostachannia. – Minrehionbud Ukrainy, 2019.-109 s.
9. Lichylnyky hazu membranni SAMHAZ, Nastanova shchodo ekspluatuvannia. SMUK.407369 RЭ. – 35 s. www.samgas.com.ua
10. DSTU 2204-93. Plyty hazovi pobutovi. Zahalni tekhnichni vymohy. – K.: Derzhstandart Ukrainy, 1993. – 45 s.
11. Proekt postanovy Pro zatverdzhennia Tekhnichnoho rehlamentu pryrodnoho hazu. 2019. <http://www.drs.gov.ua/wp-content/uploads/2019/05/4291.pdf>

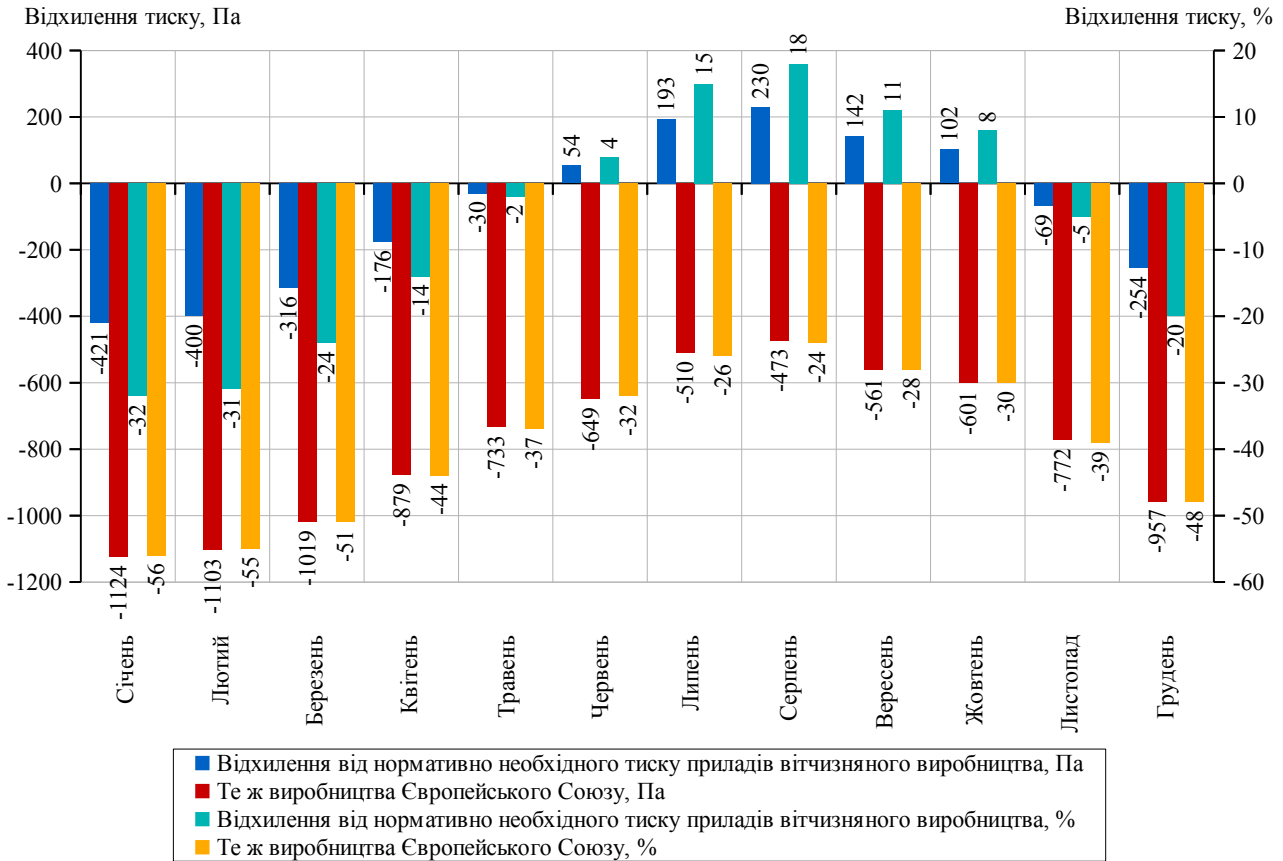


Рис. 2. Аналіз зміни тиску перед пальниками побутових газових приладів вітчизняного (нормативний тиск перед приладом 1297 Па) та європейського виробництва (нормативний тиск перед приладом 2000 Па)

УДК 696.2

Исследование проблемы обеспечения оптимального давления в распределительных сетях газоснабжения перед бытовыми газовыми приборами

В. А. Коновалюк¹, Ю. Й. Франчук²

¹к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, viktorina.konovalyuk@gmail.com
ORCID: 0000-0001-5115-7188

²ас. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, franchuk196405@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7910-8705

Аннотація. Проведён анализ фактических значений давления газа, даПа, в существующих системах газоснабжения. Определено, что при эксплуатации газовых сетей населённых пунктов возникают зоны пониженного избыточного давления, даПа, в которых горелки бытовых газовых приборов не могут работать в предусмотренном заводами-изготовителями режиме. Это приводит к снижению тепловой мощности газогорелочного устройства, перерасходу топлива и наличия в продуктах сгорания опасных соединений. Снижение тепловой мощности горелок бытовых газовых приборов происходит вследствие ухудшения инжекции и недостаточного смешивания газа с воздухом, так как сжигание происходит в режиме, отличном от номинального. Исследовано значение фактического давления, даПа, в уличной сети газоснабжения, вводных газопроводах и перед горелками газоиспользующих приборов. Рассчитано изменение давления, даПа, в газораспределительной сети населённого пункта в течение года и проведён анализ изменения давления, даПа, перед горелками бытовых газовых приборов отечественного и европейского производства. Определено, что отклонение фактического давления от нормативного перед горелками газовых приборов в зимний период может достигать около 30 % для приборов отечественного производства и 50 % для приборов производства стран Европейского союза. Предложен ряд рекомендаций по реконструкции и эксплуатации распределительных сетей газоснабжения, учёт которых позволит поддерживать значение давления, даПа, перед бытовыми газовыми приборами на уровне рекомендуемом в инструкциях по эксплуатации заводов, выпускающих газоиспользующее оборудование.

Ключевые слова: газоснабжение, избыточное давление, потери давления, нормативные требования

UDC 696.2

Investigation of the problem of ensuring optimal pressure in gas distribution networks before household gas appliances

V. Konovaliuk¹, Yu. Franchuk²

¹PhD, associate professor. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, viktorija.konovalyuk@gmail.com. ORCID: 0000-0001-5115-7188

²Assistant. Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine, franchuk196405@gmail.com
ORCID: 0000-0002-7910-8705

***Annotation.** The analysis of the actual values of gas pressure [daPa] in existing gas supply systems has been performed. It is determined that during the operation of gas networks in settlements, there are zones of reduced overpressure [daPa], in which burners of household gas appliances cannot operate in the conditions recommended by the manufacturers. This leads to a decrease in the thermal power of the burner devices, excessive consumption of fuel, and the presence of hazardous substances in the combustion products. The values of actual pressure [daPa] in street gas supply networks, inlet gas pipelines and in front of the burners of the gas-using devices is investigated. The change in pressure [daPa] in a gas distribution network of a village during year was investigated and the pressure change [daPa] in front of the burners of domestic gas appliances of Ukrainian and European production was analysed. It is determined that the deviation of the actual pressure [daPa] from the standard one before the burners of gas appliances in winter can reach about 30 % for domestic appliances and 50 % for appliances manufactured in the European Union. A set of recommendations on the reconstruction and operation of gas distribution networks have been proposed. During reconstruction, it is recommended to replace pipes by polyethylene ones, without decrease in diameter [mm]. For multi-storey buildings with individual heating and hot water boilers using rooftop boilers on average pressure is helpful. Minimization of thread joint can decrease the pressure losses [daPa]. During installation of house meters a strong inspection of works should be performed to ensure that cross-sections of pipes are not reduced. Gas pressure regulators should be as close as possible to buildings for minimization of pressure losses. Taking into account of the recommendations will allow maintaining the pressure value [daPa] in front of the household gas appliances at the level recommended in the operating instructions for plants that produce gas-using equipment.*

Keywords: gas supply, overpressure, pressure loss, regulatory requirements

Надійшла до редакції / Received 04.07.2020.