

Наука — виробництву

УДК 622.691.4

МЕТОДИКА ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ КІЛЬЦЕВИХ ГАЗОВИХ МЕРЕЖ НИЗЬКОГО ТИСКУ ІЗ ЗОСЕРЕДЖЕНИМ ВІДБОРОМ ГАЗУ

¹А.І. Ксенич, ¹М.Д. Середюк, ²І.І. Височанський

¹ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (0342) 727139,
e-mail: andriy.ksenysh@gmail.com

²ПАТ «Івано-Франківськгаз», м. Івано-Франківськ, вул. Ленкавського, 20, тел. (0342) 501622,
e-mail: pat@ifgas.com.ua

Нормативні методи прогнозування розподілу газу в системах газопостачання низького тиску з сталевих та поліетиленових труб не описують достовірно наявні газодинамічні процеси. Зокрема похибка обчислення перепаду тиску газу за умови використання моделі рівномірного безперервного розподілу газу по довжині газопроводу може досягати 70 % залежно від технологічних параметрів роботи ділянки. Запропоновано уточнену методику розрахунку проектних та експлуатаційних параметрів роботи кільцевих газових мереж низького тиску на основі моделі зосередженого відбору газу по довжині газопроводів. Розроблений алгоритм реалізовано в сучасному програмному забезпеченні. Шляхом комп'ютерного моделювання проведено апробацію на моделі системи газопостачання населеного пункту з поліетиленових труб та досліджено вплив зосередженого відбору газу на проектні та експлуатаційні параметри роботи ділянок мережі. Отримані результати гідравлічних розрахунків засвідчили необхідність збільшення діаметрів деяких ділянок газової мережі з метою попередження аварійних режимів її роботи.

Ключові слова: газові мережі населених пунктів, низький тиск, розрахункова витрата, гідравлічний розрахунок.

Нормативные методы прогнозирования распределения газа в системах газоснабжения низкого давления из стальных и полиэтиленовых труб не характеризуют достоверно имеющиеся газодинамические процессы. В частности погрешность вычисления перепада давления газа при условии использования модели равномерного непрерывного распределения газа по длине газопровода может достигать 70 % в зависимости от технологических параметров работы участка. Предложена уточненная методика расчета проектных и эксплуатационных параметров работы кольцевых газовых сетей низкого давления на основе модели сосредоточенного отбора газа по длине газопроводов. Разработан алгоритм, который реализован в современном программном обеспечении. Путем компьютерного моделирования проведена апробация на модели системы газоснабжения населенного пункта из полиэтиленовых труб и исследовано влияние сосредоточенного отбора газа на проектные и эксплуатационные параметры работы участков сети. Полученные результаты гидравлических расчетов свидетельствуют о необходимости увеличения диаметров некоторых участков газовой сети с целью предупреждения аварийных режимов ее работы.

Ключевые слова: газовые сети населенных пунктов, низкое давление, расчетный расход, гидравлический расчет.

The normative methods for forecasting of gas distribution in the low-pressure gas supply networks, made of steel and polyethylene pipes, do not describe the existent gas-dynamic processes correctly. In particular, the error of gas pressure drop calculations using the model of even gas distribution along the pipeline can be equal to 70 % depending on the pipeline section operating parameters. In this paper a revised methodology for calculating design and operating parameters of the circular low-pressure gas distribution networks is presented taking into account the model of focused gas extraction along the gas pipelines. The developed algorithm is implemented with the help of the modern software. Using computer modeling, the procedure was tested on the model of a settlement gas supply system, made of polyethylene pipes, and the influence of the focused gas extraction on the design and operating parameters of the network sections was studied. The obtained results of the hydraulic calculations showed that there was a necessity of increasing the diameter of some gas network pipeline sections in order to prevent its emergency operation.

Keywords: gas distribution networks of settlements, low pressure, design flowrate, hydraulic calculation.

Актуальність теми. Україна відноситься до країн з високим рівнем газифікації. Так, на сьогодні 78 % жителів в містах та 38 % в сільській місцевості користуються природним газом. Загалом газифіковано 428 міст, 600 селищ міського типу та 12,4 тисяч сіл. Здійснюється газопостачання 147 тис. промислових та комунально-побутових споживачів, а також біля 16 млн. квартир і приватних будинків. Забезпечення споживачів природним газом здійснюється газовими мережами, довжина яких становить 349 тис. км.

Газодинамічні процеси, що протікають в системах газопостачання, є складними з точки зору їх математичного моделювання. Це пояснюється надзвичайно складною геометричною структурою, наявністю шляхових та значних зосереджених відборів газу, а також широким використанням металевих та поліетиленових руб. Зазначене ускладнює проведення проектних та експлуатаційних розрахунків газових мереж, що ставить під сумнів їх достовірність, а, отже, і надійність експлуатації.

На даний час гідравлічні розрахунки систем газопостачання проводяться згідно з рекомендаціями ДБН В.2.5-20:2001 [1]. В даному нормативному документі прийняті деякі припущення для полегшення проведення розрахунків. Це деякою мірою впливає на їх достовірність. Тому на даний час актуальним є питання оцінки ступеня неточності, зумовленої наявністю вищезазначених припущень.

Що стосується уточнення методів розрахунку систем газопостачання, то у роботах [2,3] доведена необхідність урахування впливу профілю траси при розрахунку пропускної здатності і загальної енерговитратності газових мереж низького тиску довільної структури та запропоновано математичні моделі для урахування зазначеного чинника. У роботі [4] за результатами експериментальних досліджень запропоновано математичні моделі для коефіцієнта гідравлічного опору поліетиленових газових мереж низького і середнього тисків для різних режимів руху у повному діапазоні зміни витрат газу.

В газових мережах населених пунктів витрати газу споживачами приблизно однакові та розміщені на приблизно однакових відстанях. В чинних нормах технологічного проектування [1] при прогнозуванні розподілу газу, прийнята модель рівномірного і безперервного відбору газу по довжині газопроводу. Це зроблено виключно з міркувань спрощення гідравлічних розрахунків. Насправді у вуличних газопроводах систем газопостачання відбір газу проводиться споживачами зосереджено. Дослідження, які проведені у роботі [5], засвідчили, що використання при гідравлічному розрахунку рекомендацій ДБН В.2.5-20:2001 щодо визначення розрахункової витрати газу на ділянці призводить до заниження фактичного перепаду тиску газу від 0 до 22 % за використання загальноприйнятої моделі рівномірного безперервного відбору газу. При застосуванні більш точної моделі зосередженого розподілу газу, то за попередніми розрахунками похибка обчис-

лення перепаду тиску газу може досягати 70 % залежно від умов роботи газопроводу. Тому постає питання розроблення уточненої методики гідравлічного розрахунку газових мереж низького тиску з урахуванням зосереджених відборів газу споживачами.

Мета і задачі досліджень. Метою роботи є розроблення методики, алгоритму та програмного забезпечення для проведення уточнених гідравлічних розрахунків газових мереж низького тиску систем газопостачання населених пунктів.

Об'єкт дослідження – газові мережі низького тиску кільцевої структури систем газопостачання населених пунктів.

Предмет дослідження – гідродинамічні закономірності транспортування газу в газових мережах низького тиску із шляховими відборами газу.

Методи дослідження: математичне та комп'ютерне моделювання процесів перекачування газу, компаративний аналіз.

Для врахування зосередженого відбору газу по довжині ділянок розроблено уточнену методику гідравлічного розрахунку кільцевих газових мереж низького тиску. Вона призначена для проведення проектних та експлуатаційних розрахунків систем газопостачання кільцевої структури, які складаються з довільної кількості контурів (кілець).

Початковими даними для технологічного розрахунку є:

- конфігурація газової мережі;
- масиви довжин, шляхових та транзитних витрат газу ділянок газової мережі;
- надлишковий тиск газу на початку газової мережі P_n , Па;
- допустимі втрати тиску у мережі $\Delta P_{дон}$, Па;
- фізичні властивості газу: густина ρ_n (кг/м³) і кінематична в'язкість ν_n (м²/с) за нормальних умов, або ж компонентний склад газу;
- середня температура газу в газовій мережі T , К;
- абсолютна еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні труб k_e , см;
- середня швидкість руху газу на ділянках газової мережі w , м/с;
- загальна кількість дворів в населеному пункті, що газифікуються $n_{дв}$, шт.

Мета розрахунку полягає у визначенні діаметрів ділянок мережі, при яких максимально використовується заданий допустимий перепад тиску і виконуються закони Кірхгофа із необхідною точністю для кільцевої частини.

За відсутності проектних значень густини та кінематичної в'язкості природного газу за нормальних умов проводиться розрахунок фізичних властивостей природного газу за компонентним складом.

Кількість контурів у газовій мережі позначається n_k . Номер контуру вказується індексом $k(k=1, \dots, n_k)$, номер ділянки у контурі в довільному порядку позначається індексом $i(i=1, \dots, n_{\partial k})$. Таким чином, довільна ділянка має подвійний індекс: перша цифра показує номер контуру, друга – номер ділянки у контурі. Для розпізнавання структури газової мережі для кожної ділянки вводиться параметр в масиві $j(k, i)$, який показує номер контуру, з яким межує i -та ділянка k -ого контуру. Для ділянок, які не межують з іншими контурами, приймається $j = 0$.

Визначається густина розміщення дворів по довжині ділянок газових мереж

$$y = \frac{n_{\partial e}}{\sum l_i}, \quad (1)$$

де $\sum l_i$ – загальна протяжність ділянок газових мереж, м.

Визначається абсолютний тиск газу на початку газової мережі

$$P_n = P_n + P_{at}, \quad (2)$$

де P_{at} – атмосферний тиск повітря, Па;

Визначається абсолютний тиск газу, що подається споживачам

$$P_k = P_n - \Delta P_{\partial on}. \quad (3)$$

Знаходиться середнє значення тиску газу (МПа) у газовій мережі

$$P_{cp} = 0,5(P_n + P_k) \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

Подальший розрахунок передбачає виконання однотипних операцій для кожної ділянки газової мережі. Тому для проведення цих розрахунків у алгоритмі організуються цикли.

У межах перших двох циклів, зовнішнього за індексом k і внутрішнього за індексом i , виконуються такі операції.

Визначається наближене значення розрахункової витрати газу на ділянці згідно з формулою

$$Q_{Pk,i} = Q_{Tk,i} + 0,5 Q_{Ш k,i}, \quad (5)$$

де $Q_{Tk,i}$ – величина транзитної витрати газу, що не споживається на ділянці, а призначена для живлення наступних за рухом газу ділянок, м³/год;

$Q_{Ш k,i}$ – величина шляхової витрати газу, що використовується споживачами на ділянці, м³/год.

Якщо напрям руху газу на ділянках кільцевої мережі в кільці, що розглядається, є проти годинникової стрілки, то величина транзитної та шляхової витрати газу приймається зі знаком «мінус», якщо за стрілкою годинника – зі знаком «плюс».

Для кожної ділянки газової мережі визначається необхідний внутрішній діаметр труби за формулою [1]

$$D_{k,i} = 0,036238 \sqrt{\frac{Q_{Pk,i} \cdot T}{P_{cp} w}}, \quad (6)$$

де T – середнє значення температури газу в газовій мережі, К.

w – середня швидкість руху газу в газовій мережі, м/с.

Даним параметром проводиться зміна проектних діаметрів ділянок газової мережі. При першому варіанті розрахунку мережі слід приймати від 2 до 4 м/с. Максимально допустиме значення швидкості руху газу в газопроводах низького тиску становить 7 м/с [1].

Відповідно до значення необхідного внутрішнього діаметра ділянки з сортаменту стандартних діаметрів газопроводів вибирається трубопровід з найближчим більшим внутрішнім діаметром $d_{k,i}$.

Визначається кількість відборів газу споживачами на ділянці газових мереж

$$n_{\partial id k,i} = y \cdot l_{k,i}. \quad (7)$$

Отримане значення кількості зосереджених відборів газу споживачами округлюється до найближчого цілого числа.

Знаходиться середня величина одного відбору газу на ділянці

$$Q_{Bk,i} = \frac{Q_{Ш k,i}}{n_{\partial id k,i}}. \quad (8)$$

У межах наступного циклу j від 1 до $n_{\partial id k,i}$ проводиться гідравлічний розрахунок ділянок між відборами газу.

Знаходиться витрата газу на характерній ділянці

$$Q_{k,i,j} = Q_{Tk,i} + Q_{Bk,i} \cdot j + \Delta Q_k, \quad (9)$$

де ΔQ_k – поправочна витрата газу в k -му кільці для гідравлічної ув'язки кільцевої частини, м³/год. При розрахунку ділянок в першому наближенні приймається $\Delta Q_k = 0$.

Визначається довжина характерної ділянки між відборами

$$l_{k,i,j} = \frac{l_{k,i}}{n_{\partial id k,i}}. \quad (10)$$

Для кожної ділянки газової мережі знаходиться число Рейнольдса за формулою [1]

$$Re_{k,i,j} = 0,0354 \frac{Q_{k,i,j}}{d_{k,i} v_H}. \quad (11)$$

Залежно від режиму руху газу, який характеризується величиною числа Рейнольда, вибирається відповідна формула для розрахунку втрат тиску від тертя для кожної ділянки газової мережі [1]:

- для $Re_j < 2000$

$$\Delta P_{k,i,j} = 1,245 \cdot 10^6 \frac{Q_{k,i,j} |v_H \rho_H l_{k,i,j}|}{d_{k,i}^4}; \quad (12)$$

- для $2000 < Re_j \leq 4000$

$$\Delta P_{k,i,j} = 0,568 \frac{Q_{k,i,j}^{2,333} \rho_n l_{k,i,j}}{d_{k,i}^{5,333} v_{0,333}}; \quad (13)$$

- при турбулентному режимі $Re_j > 4000$

$$\Delta P_{k,i,j} = 75,9 \left(\frac{k_e}{d_{k,i}} + 1922 \frac{v_n d_{k,i}}{Q_{k,i,j}} \right)^{0,25} \times \frac{Q_{k,i,j}^2 \rho_n l_{k,i,j}}{d_{k,i}^5}, \quad (14)$$

де k_e – абсолютна еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні газопроводу. Для сталевих газопроводів слід приймати $k_e = 0,01$ см, поліетиленових – $k_e = 0,002$ см.

У формулах (12)-(14) числові коефіцієнти враховують додаткові втрати тиску в місцевих опорах газових мереж.

Визначається величина відношення перепаду тиску до витрати газу на ділянці зростаючим підсумком за формулою

$$S_{k\kappa k,i} = \sum_{j=1}^{n_{\text{від } k,i}} \frac{\Delta P_{k,i,j}}{Q_{k,i,j}}. \quad (15)$$

В закінченні циклу j розрахунку ділянок між відборами газу обчислюється сумарний перепад тиску газу на ділянці зростаючим підсумком

$$\Delta P_{k,i} = \sum_{j=1}^{n_{\text{від } k,i}} P_{k,i,j}. \quad (16)$$

Для виконання гідравлічної ув'язки кілець втратам тиску від тертя $\Delta P_{k,i}$ присвоюємо знак “плюс”, якщо рух газу на ділянці відбувається за годинниковою стрілкою, і знак “мінус”, якщо газ на ділянці рухається проти стрілки годинника.

Далі виконується гідравлічна ув'язка кілець. Для кожного контуру знаходимо суму втрат тиску з урахуванням напрямку руху газу в кільці і за абсолютною величиною

$$S_k = \sum_{i=1}^{n_{\text{ді}}} \Delta P_{k,i}, \quad (17)$$

$$S_{ka} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ді}}} |\Delta P_{k,i}|. \quad (18)$$

Для всіх контурів газової мережі обчислюємо значення похибки Δ_k , величина якої показує ступінь виконання другого закону Кірхгофа [6]

$$\Delta_k = \left| \frac{S_k}{0,5 S_{ka}} - 100\% \right|. \quad (19)$$

Якщо хоча би для одного контуру похибка Δ_k перевищує задану точність розрахунку ε_k , то необхідно виконати гідравлічну ув'язку шляхом введення поправочних витрат газу.

Гідравлічна ув'язка реалізується таким чином. Для всіх ділянок знаходимо відношення втрат тиску до витрати газу, а потім обчислюємо суму цих відношень для кожного контуру

$$S_{k\kappa} = \sum_{i=1}^{n_{\text{ді}}} S_{k\kappa k,i}. \quad (20)$$

Для всіх контурів визначається поправочна витрата газу, яка враховує нев'язку у своєму контурі

$$\Delta Q'_k = - \frac{S_k}{(2-m) \cdot S_{k\kappa}}, \quad (21)$$

де m - показник режиму руху газу в формулі Лейбензона. Для сталевих газопроводів низького тиску слід приймати $m = 0,25$, поліетиленових – $m = 0,552$ [4].

Знаходиться поправочна витрата, що враховує нев'язку у сусідніх контурах

$$\Delta Q''_k = \frac{\sum \Delta Q'_{c.k.} \cdot \sum \left(\frac{\Delta P}{Q} \right)_{\text{д.с.к.}}}{S_{k\kappa}}, \quad (22)$$

де $\Delta Q'_{c.k.}$ – поправочні витрати газу для всіх контурів, що межують з даним,

$\left(\frac{\Delta P}{Q} \right)_{\text{д.с.к.}}$ – відношення параметрів для

відповідних ділянок, спільних для даного і сусідніх контурів.

Обчислюється загальна поправочна витрата газу для всіх ділянок в k -му контурі газової мережі

$$\Delta Q_{k'} = \Delta Q'_k + \Delta Q''_k. \quad (23)$$

Для кожної ділянки газової мережі обчислюється уточнена витрати газу зростаючим підсумком за формулою

якщо ділянка не є спільною з іншим кільцем

$$\Delta Q_k = \Delta Q_k + \Delta Q_{k'}; \quad (24)$$

якщо ділянка є спільною з іншим кільцем

$$\Delta Q_k = \Delta Q_k + \Delta Q_{k'} - \Delta Q_{k'c\kappa}, \quad (25)$$

де $\Delta Q_{k'c\kappa}$ – сумарна поправочна витрата в сусідньому кільці, з яким межує ділянка.

Після визначення загальних поправочних витрат газу для всіх ділянок проводиться повторний розрахунок газової мережі. Розрахунки повторюються до тих пір, поки похибка Кірхгофа Δ_k для всіх контурів не стане меншою від заданої точності розрахунку ε_k .

Зміна ступеня завантаження системи газопостачання проводиться шляхом зміни середньої швидкості руху газу w в газовій мережі. Збільшення швидкості руху газу веде до зменшення проектних діаметрів ділянок, а, отже, і до збільшення фактичного перепаду тиску газу на ділянках. У разі перевищення величини фактичного допустимого перепаду тиску газу в мережі, швидкість газу слід зменшити. Розрахунки проводяться до тих пір, поки не буде отримано варіант з максимально використаним допустимим перепадом тиску газу в мережі. Саме

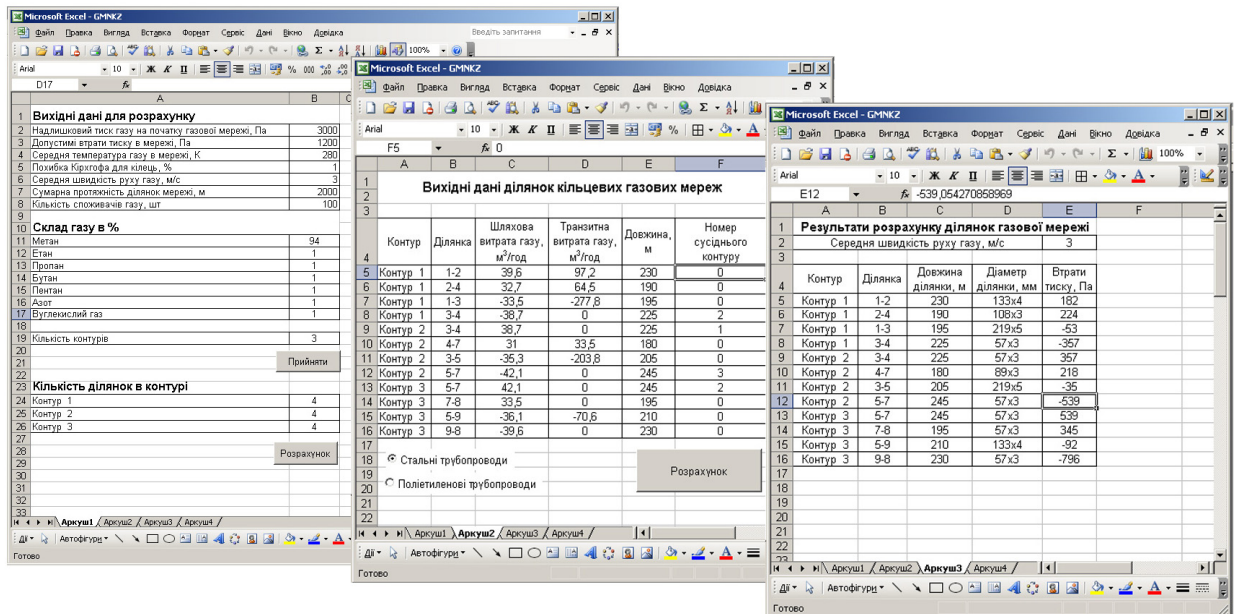


Рисунок 1 – Робочі вікна програми GMNKZ

цей варіант буде характеризуватися найменшими матеріалозатратами в будівництво мережі.

Розроблена методика гідравлічного розрахунку кільцевих газових мереж низького тиску з урахуванням зосередженого розподілу газу по довжині ділянок реалізована у сучасному програмному забезпеченні GMNKZ, оскільки передбачає виконання циклічних і багатоваріантних розрахунків. Обчислювальний алгоритм розроблений на мові Visual BASIC і написаний в середовищі Microsoft Excell. Програма за структурою циклічна, розгалужена, в ній реалізується метод послідовних наближень. Параметри мережі і ділянок вводяться і виводяться у вигляді одно-, та двомірних масивів.

На рисунку 1 наведено загальний вигляд програми GMNKZ. В першому вікні проводиться введення параметрів складу газу, сортамент сталевих та поліетиленових газопроводів, геометричні та загальні параметри мережі. Введення вихідних даних ділянок мережі відбувається на другому аркуші програми. Передбачена можливість зміни типу сортаменту труб для проведення гідравлічного розрахунку. Степінь завантаження мережі, а отже і фактичні діаметри трубопроводів, регулюються шляхом зміни середньої швидкості руху газу. Виведення результатів уточненого гідравлічного розрахунку газової мережі низького тиску кільцевої структури з урахуванням зосереджених відборів газу по довжині газопроводів відбувається в третьому вікні програми.

Розроблене програмне забезпечення GMNKZ дає змогу проводити автоматизовані проектні розрахунки кільцевих газових мереж низького тиску довільної складності і конфігурації. Можливість зміни проектних параметрів системи газопостачання дає змогу адаптувати програмний продукт для будь-яких систем газопостачання та проводити багатоваріантні розрахунки з метою отримання оптимальних техніко-економічних показників.

Апробацію розробленої методики та програмного забезпечення GMNKZ проведемо для поліетиленової газової мережі низького тиску кільцевої структури, яка зображена на рисунку 2. Це модель системи вуличних газопроводів сільського населеного пункту.

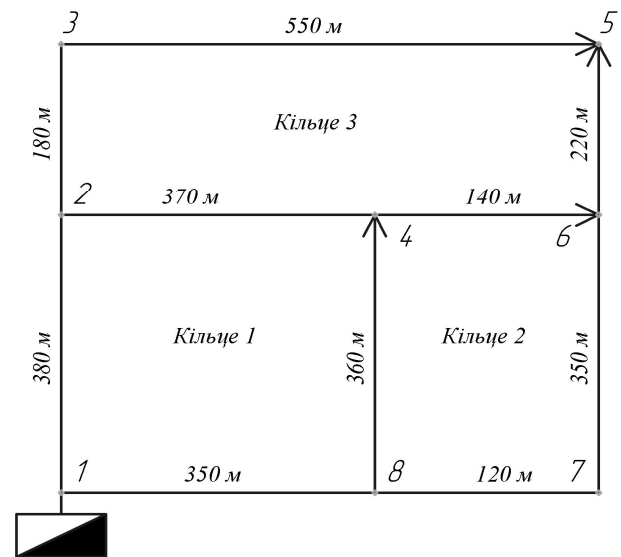


Рисунок 2 – Розрахункова схема газової мережі низького тиску кільцевої структури населеного пункту

Питома шляхова витрата газу для всіх ділянок газової мережі однакова і становить $q = 0,125 \text{ м}^3/(\text{год}\cdot\text{м})$. Допустимі втрати тиску у газовій мережі становлять $\Delta P_{\text{дон}} = 1200 \text{ Па}$. Загальна кількість споживачів газу складає $n_{\text{де}} = 120$ шт. На рисунку 2 для кожної ділянки газопроводу вказані довжини у метрах, а стрілками позначені тупикові ділянки.

Таблиця 1 – Результати розрахунку витрат газу ділянок газової мережі низького тиску із поліетиленових труб

Ділянка	Довжина l_i , м	Витрата газу, м ³ /год		
		шляхова $Q_{ш}$	транзитна Q_T	розрахункова Q_p
3-5	550	66,0	0	33,0
2-3	180	21,6	66,0	76,8
4-6	140	16,8	0	8,4
2-4	370	44,4	16,8	39,0
1-2	380	45,6	148,8	171,6
5-6	220	26,4	0	13,2
7-6	350	42,0	26,4	47,4
8-7	120	14,4	68,4	75,6
8-4	360	43,2	0	21,6
1-8	350	42,0	126,0	147,0

Попередньо визначаємо шляхову $Q_{ш}$, транзитну Q_T і розрахункову витрату газу Q_p для кожної ділянки газової мережі. Одержані результати розрахунку витрат газу зводимо у таблицю 1.

Проведемо три такі варіанти гідравлічного розрахунку газової мережі:

- 1) проектний розрахунок згідно з нормативною методикою, що рекомендована чинними нормативними документами [1];
- 2) проектний розрахунок з використанням запропонованої методики;
- 3) експлуатаційний розрахунок газової мережі з використанням уточненої методики на основі результатів проектного розрахунку за нормативною методикою.

Результати гідравлічних розрахунків газової мережі низького тиску за різними методиками зображені на рисунках 3-5.

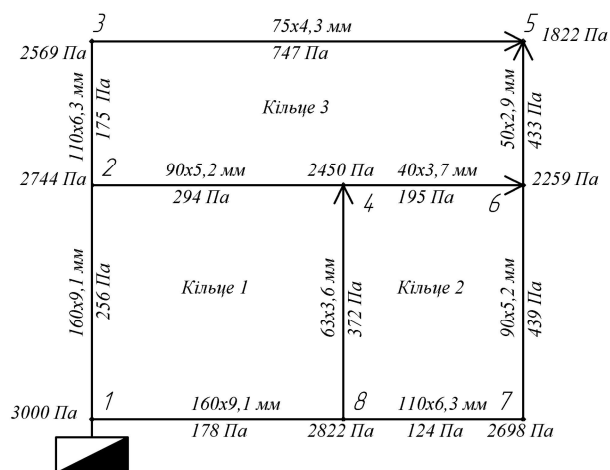


Рисунок 3 – Результати проектного гідравлічного розрахунку поліетиленової газової мережі низького тиску за нормативною методикою

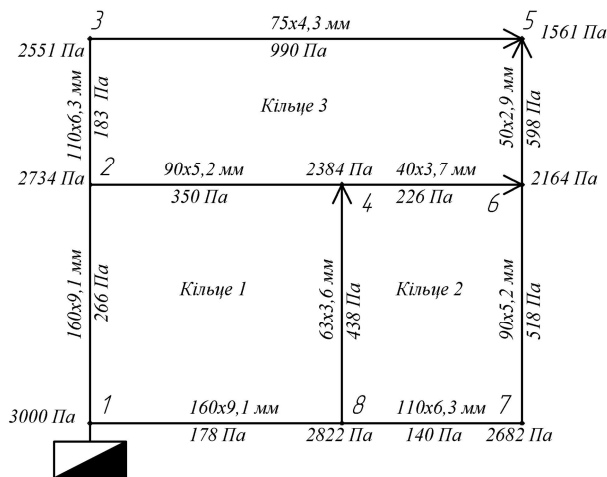


Рисунок 4 – Результати експлуатаційного розрахунку поліетиленової газової мережі низького тиску за уточненою методикою

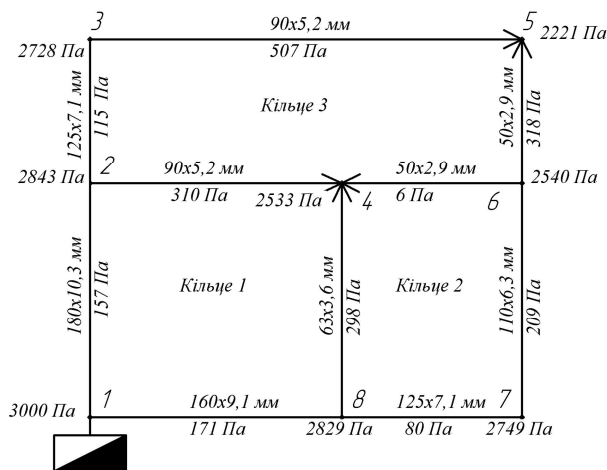


Рисунок 5 – Результати проектного гідравлічного розрахунку поліетиленової газової мережі низького тиску за уточненою методикою

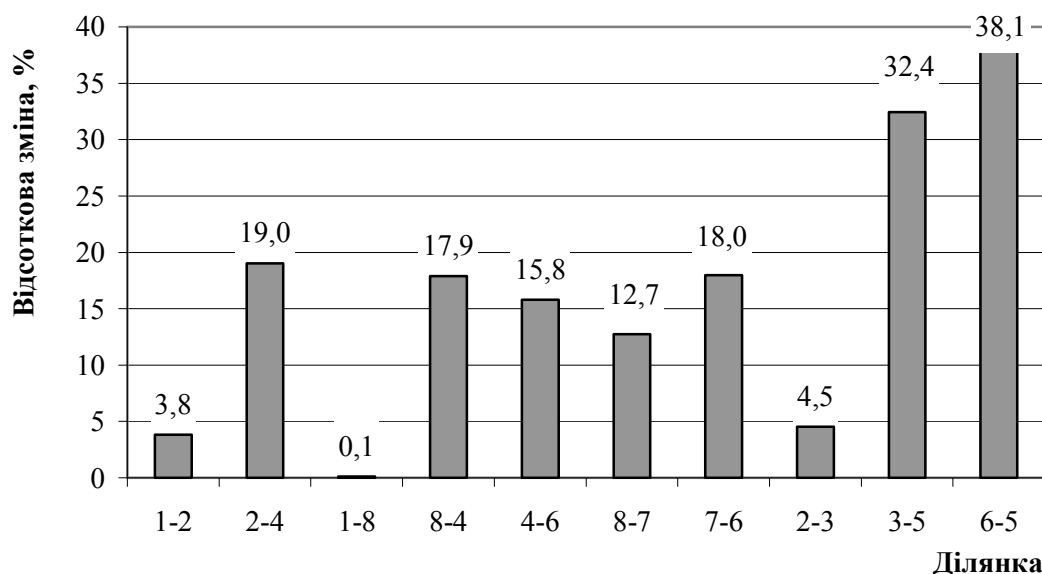


Рисунок 6 - Зміна перепаду тиску газу на ділянках газової мережі низького тиску при використанні методики з урахуванням зосередженого відбору газу

Порівняння результатів проектного та експлуатаційного розрахунків поліетиленової газової мережі низького тиску за двома методиками (рисунки 3 і 4) виявило суттєві відмінності у розподілі тиску газу в елементах мережі, а, отже, в режимі роботи газопроводів. Так, за нормативною методикою сумарний перепад тиску газу по довжині основного напрямку руху газу в газовій мережі ГРП-1-2-3-5 становить 1178 Па, що є в межах допустимого перепаду тиску газу 1200 Па. За уточненою методикою розрахунку цей параметр становить 1439 Па, що на 20 % перевищує допустиме значення. Це свідчить про те, що частина ділянки газопроводу 3-5 та 6-5 працюватиме в аварійному режимі. Для аналізу величини ступеня впливу зосередженого відбору газу на енергетичні параметри роботи ділянок мережі зобразимо на рисунку 6 порівняльну характеристику перепаду тиску на ділянках мережі за двома методиками.

Як видно з графіка 6, похибка прогнозування перепаду тиску газу при використанні нормативної методики відносно запропонованої становить від 0,1 % до 38 % для моделі системи газопостачання, що зображена на рисунку 2. Це свідчить про суттєвий вплив зосередженого відбору газу на проектні та енергетичні параметри роботи систем газопостачання населених пунктів.

Як засвідчують параметри газових мереж низького тиску на рисунках 3 та 5, результати проектних розрахунків за нормативною та уточненою методиками суттєво відрізняються. Різняться як діаметри деяких ділянок, так і значення тиску у вузлах газової мережі. Зокрема на ділянках 1-2, 4-6, 8-7, 7-6, 2-3, 3-5 за розробленою уточненою методикою прийняті більші значення діаметрів газопроводів для попередження аварійних режимів роботи віддалених ділянок мережі. Проведена гідравлічна ув'язка в кільці № 2 призвела до зміни напрямку руху газу на ділянці 4-6.

Розроблена методика та програмне забезпечення передано в ПАТ «Івано-Франківськгаз» в якості галузевої методики розрахунку газових мереж низького тиску з урахуванням зосередженого розподілу газу.

Висновки

Апробація розробок для конкретної газорозподільної системи довела, що використання розробленої методики у процесі проектних розрахунків газових мереж низького тиску дає можливість запобігти аварійним режимам роботи віддалених ділянок мережі. Це збільшує надійність та безпечність експлуатації такого роду систем. Зазначений висновок можна поширити на газову мережу низького тиску довільної конфігурації з сталевих та поліетиленових труб.

Проведені дослідження засвідчили, що наявні методики гідравлічного розрахунку газових мереж низького тиску мають суттєву неточність прогнозування параметрів роботи розподільних газопроводів, що призводить до недостовірності результатів проектних та експлуатаційних розрахунків систем газопостачання. Тому доцільно ввести корективи в нормативні документи, щодо уточнених методів гідравлічного розрахунку поліетиленових та сталевих газопроводів, передбачивши врахування моделі зосередженого розподілу газу по довжині газопроводів.

Науковою новизною є розроблення уточненої методики гідравлічного розрахунку ділянок газових мереж низького тиску, яка дає змогу достовірно прогнозувати закономірності розподілу газу в газових мережах з шляховими відборами газу.

Практична цінність отриманих результатів полягає в можливості використання розробленої методики та програмного забезпечення для проектних розрахунків ділянок мереж низького тиску, що зменшує імовірність виникнення

аварійних режимів експлуатації газових мереж та дає змогу з більшою достовірністю прогнозувати значення енергетичних параметрів їх роботи.

Література

1 Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди: ДБН В.2.5-20-2001. – [Чинні від 2001-09-01]. – К.: Держбуд України, 2001. – 286 с.

2 Ксеніч А.І. Урахування впливу профілю траси на результати гідравлічних розрахунків газових мереж населених пунктів / А.І. Ксеніч, М.Д. Середюк // Розвідка і розробка нафтових і газових родовищ. – 2010. – №1(34). – С. 138–143.

3 Середюк М.Д. Використання барометричної формули для врахування впливу профілю траси на результати гідравлічного розрахунку газових мереж / М.Д. Середюк, А.І. Ксеніч // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2010. – № 3(25). – С. 97–101.

4 Ксеніч А.І. Результати експериментальних досліджень гідравлічної енерговитратності поліетиленових газопроводів низького тиску / А.І. Ксеніч, М.Д. Середюк // Нафтогазова енергетика. – 2011. – №2(15). – С. 57–60.

5 Ксеніч А.І. Метод уточнення технологічних параметрів розподілу газу в газових мережах населених пунктів / А.І. Ксеніч // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. – 2014. – № 1(36). – С. 131-139.

6 Гончарук М.І. Довідник з газопостачання населених пунктів України / Гончарук М.І., Середюк М.Д., Шелудченко В.І. – Івано-Франківськ: Сімик, 2006. – 1314 с.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
10.02.15*

*Рекомендована до друку
професором Грудзом В.Я.
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)
канд. техн. наук Степ'юком М.Д.
(УМГ «Прикарпаттрансгаз»,
м. Івано-Франківськ)*