

УДК 696.2

**Грицина О. О., к.т.н., доцент** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

### **ВИБІР, ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РАЦІОНАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТНИХ РІШЕНЬ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ (НА ПРИКЛАДІ с. КРАЇВ ОСТРОЗЬКОГО РАЙОНУ)**

**На прикладі с. Країв Острозького району показано, що вибір системи газопостачання доцільно здійснювати не лише шляхом порівняння техніко-економічних показників, але і виробничо-технологічних втрат газу та показників надійності системи газопостачання.**

**Ключові слова:** виробничо-технологічні втрати газу, показник надійності.

Сьогодні частка нафти і газу в загальному балансі використання первинних енергоресурсів України становить близько 50%. Пріоритетним енергоресурсом є природний газ, частка якого в енергобалансі за останні роки складає 38-41% [1].

Україна належить до країн з дефіцитом власних природних вуглеводневих ресурсів, задовольняючи потребу в газі за рахунок власного видобутку на 35% (2010). У 1991 році споживання газу становило 118,1 млрд м<sup>3</sup> і країна посідала III місце в світі за рівнем споживання газу, поступаючись тільки США і Росії. Використання природного газу в Україні у 2010 році склало 57,6 млрд м<sup>3</sup> [1].

Газове господарство України – це складний технічний комплекс. Забезпечення споживачів природним газом здійснюється газовими мережами (тиском до 12 атмосфер), довжина яких становить 369 тис. км. Необхідний режим газопостачання в цих мережах забезпечують 63,6 тис. газорозподільних пунктів [1].

Газифіковано природним газом 428 міст, 600 селищ міського типу та 12,4 тисяч сіл. Здійснюється газопостачання 147 тис. промислових та комунально-побутових споживачів, а також біля 13,43 млн квартир і приватних будинків. Проте рівень газифікації житла природним газом на сьогодні становить 78,1% в містах та 38,2% в сільській місцевості [1].

Таким чином, вибір та раціоналізація проектних рішень систем газопостачання населених пунктів України є актуальною задачею. Оскільки близько 60% сільських населених пунктів є негазифікованими,

тому за **мету роботи** було прийнято обґрунтування вибору та раціоналізація проектних рішень систем газопостачання на прикладі села.

Досягнення поставленої мети здійснювалось вирішенням таких **завдань**:

- проаналізувати відомі системи газопостачання та проектні рішення, що застосовуються при виборі системи газопостачання на прикладі села;

- на прикладі с. Країв Острозького району запропонувати варіанти систем газопостачання та методи їх порівняння;

- виконати апробацію методики розрахунку виробничо-технологічних втрат газу та розрахунку надійності системи газопостачання;

- дати рекомендації по вибору систем газопостачання та раціоналізації проектних рішень.

Об'єкт досліджень – газопостачання сільських населених пунктів природним газом. Предмет досліджень – методи розрахунку систем газопостачання з врахуванням виробничо-технологічних втрат газу, надійності системи та техніко-економічних варіантів систем газопостачання.

**Методи досліджень.** Гідравлічний розрахунок систем газопостачання виконувався методом визначення діаметрів трубопроводів для проходження розрахункової витрати газу при допустимих втратах тиску. Розрахунок виробничо-технологічних втрат тиску здійснювався згідно наказу Міністерства палива та енергетики № 234 від 30.05.2003 р. Техніко-економічне порівняння здійснювалось шляхом порівняння кошторисної вартості будівництва системи газопостачання розрахованої згідно програмного комплексу АВК-3.

**Оптимальний варіант** називають таким, якому при всіх інших умовах відповідає найбільший рівень вихідного ефекту – продуктивність системи чи простою, або найменші з усіх можливих витрат при збереженні відповідної продуктивності. Пошук оптимального варіанту з доволі значної множини можливих являє собою досить складне завдання, якщо при цьому не скористатись математичними методами оптимізації. Задачі оптимізації санітарно-технічних систем відносять до задач нелінійного математичного програмування. Для їх рішення використовують спеціальні методи і реалізовані вони тільки для тих задач, де пошук оптимального рішення є необхідним. Для систем газопостачання, параметри яких визначаються на основі статистичних даних, рівняння зв'язку побудовані на емпіричному матеріалі, а умови їх функціонування (параметри навколишнього середовища, режими газоспоживання) носять стохастичний характер, тому немає необхідності

розробляти узагальнені моделі та вирішувати цільові функції, тому що результат такого рішення можна також розглядати як випадковий.

В сільських населених пунктах великого поширення набули системи газопостачання з поліетиленових труб низького тиску, або системи середнього тиску з будинковими регуляторами. Ці дві схеми мають велику кількість переваг та недоліків, на які слід звернути увагу при остаточному прийнятті тієї чи іншої схеми.

**Населений пункт с. Країв**, розташований в Острозькому районі. Планування села просторе, окремі вулиці простягаються в різні сторони. Біля будинків знаходяться великі ділянки землі. Густота населення становить 346 осіб/км<sup>2</sup>, населення 604 чол., кількість голів худоби 324. Вся забудова одноповерхова, окрім декількох приватних будинків. На території села знаходяться такі адміністративні та сільськогосподарські об'єкти: клуб, магазин, пошта, медпункт, школа, млин, зерносклад, баня, сушка, телятник, свинарник. З них газифікуються: пошта, медпункт, школа.

**На основі вивчення** попереднього досвіду та всіх вихідних даних до проектування газопроводу в даному населеному пункті пропонується розглянути декілька можливих схем газопостачання.

У проєкті для порівняння приймемо дві можливі схеми:

- 1) двоступенева високого та низького тиску. Прийняте рішення викликане простотою експлуатації такої системи. Недоліком значна матеріаломісткість трубопроводів;
- 2) двоступенева високого та середнього тиску з будинковими регуляторами тиску DSR-10 у кінцевих споживачів. Вибір зроблений на підставі малої матеріаломісткості трубопроводів. Недоліком такої системи є велика кількість будинкових регуляторів тиску, які треба постійно обслуговувати.

За першим варіантом система газопостачання складається з двох ступенів тиску. Першим ступенем є газопровід високого тиску другої категорії, який простягається від джерела газопостачання населеного пункту до встановленого біля села шафового ГРП. Джерелом газопостачання даного села є міжселищний газопровід високого тиску 2-ої категорії, який прокладений від села на відстані приблизно 2,5 км. Другим ступенем є газопровід низького тиску, який проектується від шафового ГРП до кінцевих споживачів.

За другим варіантом система газопостачання теж складається з двох ступенів тиску. Першим ступенем також є газопровід високого тиску другої категорії, який підводить газ до шафового ГРП. Другим ступенем є мережа середнього тиску, яка транспортує газ від шафового ГРП до кінцевих споживачів. В споживачів для пониження тиску до

низького проектуємо встановлення будинкових регуляторів тиску DSR-10.

В обох випадках схему газопостачання села доцільно зробити тупиковою. Таке рішення прийняте на підставі того, що село просторе і складається з декількох довгих вулиць. Густота населення невелика, кількість жителів всього 601 чол., тому економічно недоцільно робити кільцеву схему газопостачання. Щодо матеріалу труб, які будуть застосовуватися у двох можливих схемах, надамо перевагу поліетиленовим трубопроводам.

Загальний обсяг виробничо-технологічні втрати газу впродовж одного року експлуатації для прийнятих двох систем газопостачання села:

- двоступенева система високого та низького тиску:

$$Q^1_{в} = Q_{в1} + Q_{в2} + Q_{в3} + Q_{в4} + Q_{в5}, \text{ тис. м}^3, \quad (1)$$

де  $Q_{в1}$  – виробничо-технологічні втрати газу за відповідний період за умовної нормативної герметичності газопроводів з'єднувальних деталей, арматури, компенсаторів, тис.  $\text{м}^3$ ;  $Q_{в2}$  – виробничо-технологічні втрати газу за відповідний період за умовної нормативної герметичності газового обладнання та приладів ГРП, БК ГРП, ШРП, ДКРТ, тис.  $\text{м}^3$ ;  $Q_{в3}$  – виробничо-технологічні втрати газу за відповідний період за умови нормативної герметичності газового обладнання, приладів квартир житлових будинків і подібних об'єктів комунально-побутових (невиробничого призначення) та бюджетних організацій, тис.  $\text{м}^3$ ;  $Q_{в4}$  – виробничо-технологічні втрати газу для забезпечення продування та заповнення газопроводів газом, тис.  $\text{м}^3$ ;  $Q_{в5}$  – виробничо-технологічні втрати газу, що викликані внаслідок аварій (пошкоджень) газопроводу, тис.  $\text{м}^3$  [5].

Згідно з [1, 5] визначаємо виробничо-технологічні втрати газу за добу на 1 км газопроводу. Для розподільчих газопроводів та газопроводів ввідів низького тиску вони дорівнюють  $0,081 \text{ м}^3/\text{доб}\cdot\text{км}$ . Тобто  $Q_{в1} = (0,081 \cdot \sum l \cdot 365) / 1000 = (0,081 \cdot 6,603 \cdot 365) / 1000 = 0,195 \text{ тис. м}^3$ , (2) де  $\sum l$  – загальна протяжність розподільних мереж низького газопроводу, м; 365 – кількість днів у звітному періоді.

Згідно з [2, 5] визначаємо виробничо-технологічні втрати газу за добу на 1 ШРП. Вони дорівнюють для опалювального та неопалювального періоду  $15,4 \text{ м}^3/\text{доб}\cdot\text{ШРП}$ ,

$$Q_{в2} = (15,4 \cdot 365) / 1000 = 5,621 \text{ тис. м}^3. \quad (3)$$

Виробничо-технологічні втрати газу за відповідний період на 1 квартиру ( $Q_{в3}$ ) не враховуємо, тому що знаходимо втрати газу тільки на розподільчих та дворових газопроводах.

Виробничо-технологічні втрати газу для забезпечення продування та заповнення газопроводів газом ( $Q_{в4}$ ) не враховуємо, оскільки два варіанта мають однакову довжину газопроводів.

Виробничо-технологічні втрати газу, що викликані аваріями (пошкодженнями) газопроводу ( $Q_{в5}$ ) не враховуємо, за відсутності даних про аварії.

Таким чином, виробничо-технологічні втрати газу будуть становити:

$$Q^1_{в} = 0,195 + 5,621 = 5,816 \text{ тис. м}^3; \quad (4)$$

- двоступенева система високого та середнього тиску.

Згідно з [1] визначаємо виробничо-технологічні втрати газу за добу на 1 км газопроводу. Для розподільчих газопроводів та газопроводів вводів середнього тиску вони дорівнюють  $0,406 \text{ м}^3/\text{доб}\cdot\text{км}$ . Тобто  $Q_{в1} = (0,406 \cdot \sum l \cdot 365) / 1000 = (0,406 \cdot 6,603 \cdot 365) / 1000 = 0,978 \text{ тис. м}^3$ , (5) де  $\sum l$  – загальна протяжність розподільних мереж середнього газопроводу, м; 365 – кількість діб у звітному періоді.

Згідно з [2, 5] визначаємо виробничо-технологічні втрати газу за добу на 1 ШРП та 95 будинкових регуляторів тиску DSR-10. Вони дорівнюють для опалювального та неопалювального періоду  $15,4 \text{ м}^3/\text{доб}\cdot\text{ШРП}$  та  $0,5 \text{ м}^3/\text{доб}\cdot\text{IDSR-10}$ .

$$\text{Тобто } Q_{в2} = (15,4 + 95 \cdot 0,5) \cdot 365 / 1000 = 22,958 \text{ тис. м}^3.$$

Виробничо-технологічні втрати газу за відповідний період на 1 квартиру ( $Q_{в3}$ ) не враховуємо, тому що знаходимо втрати газу тільки на розподільчих та дворових газопроводах.

Виробничо-технологічні втрати газу для забезпечення продування та заповнення газопроводів газом ( $Q_{в4}$ ) не враховуємо, оскільки два варіанта мають однакову довжину газопроводів.

Виробничо-технологічні втрати газу, що виникли внаслідок аварій (пошкоджень) газопроводу ( $Q_{в5}$ ) не враховуємо, за відсутності даних про аварії.

Таким чином, виробничо-технологічні втрати газу будуть становити

$$Q^2_{в} = 0,978 + 22,958 = 23,936 \text{ тис. м}^3.$$

Абсолютна величина виробничо-технологічних втрат газу у двоступеневій схемі високого та низького тиску становить  $5,816 \text{ тис. м}^3$ . Якщо цю величину перевести у відсоток від річної, то отримаємо:

$$Q_{в}^{1\%} = \frac{Q^1_{в}}{V_p} \cdot 100 = \frac{5816}{336222,8} \cdot 100 = 1,7\%. \quad (6)$$

При двоступеневій схемі високого та середнього тиску ці втрати становлять  $23,936 \text{ тис. м}^3$ . Переведемо це значення у відсоток від річ-

ної:

$$Q_b^{2\%} = \frac{Q_a^2}{V_p} \cdot 100 = \frac{23936}{336222.8} \cdot 100 = 7,1\%. \quad (7)$$

Отже, з точки зору економії виробничо-технологічних втрат газу, двоступенева система високого та низького тиску має значну перевагу, адже при її експлуатації втрачається на 18,12 тис. м<sup>3</sup> газу менше ніж при експлуатації двоступеневої системи високого та середнього тиску з будинковими регуляторами.

В обох схемах приймаємо до розрахунку найдовший магістральний напрямок розподільних систем. При обчисленнях в двох варіантах потрібно буде врахувати всі елементи систем, які впливають на надійність постачання газу споживачам. Основними відмінностями в двох прийнятих системах є різна кількість відключаючих пристроїв, в схемі з другим ступенем середнього тиску їх кількість значно більша. Це пов'язано з тим, що при аварії на газопроводі середнього тиску, для проведення ремонтних робіт, потрібно перекрити потік газу. Для того, аби якнайменше споживачів були тимчасово відключені, встановлюються додаткові відключаючі пристрої на ділянках системи. Також характерною особливістю схеми з середнім тиском є наявність в ній будинкових регуляторів тиску.

При розрахунку надійності дворових введів, обраховуємо загальну довжину всіх дворових введів, яка становить 955 м, приймаємо по одному відключаючому пристрої на один ввід та по одному будинковому регуляторі тиску газу в схемі з середнім тиском.

Розрахунки надійності для даних схем проводимо в табличній формі (див. табл. 1, 2) із графічним зображенням результатів у вигляді графіків.

Отримані результати обчислень по двох варіантах наведені на рисунку.

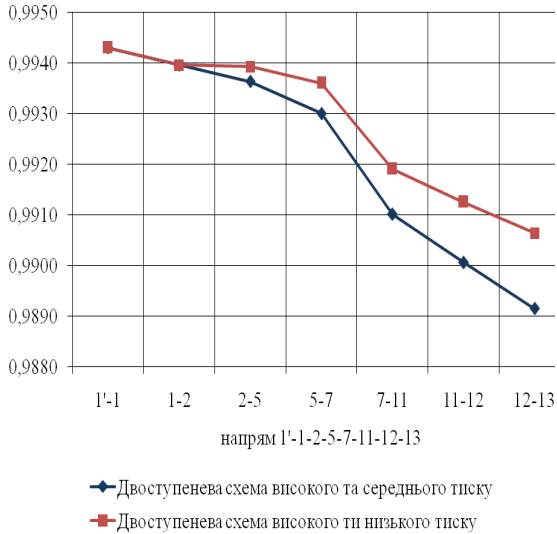


Рисунок. Надійність розподільчих газопроводів для різних систем газопостачання

Таблиця 1

Розрахунок надійності для двоступеневої схеми високого та низького тиску

- двоступенева схема високого та середнього тиску:

№ ділянки	Довжина ділянки, км	Показник безвідмовності			Показник надійності
		Труби	Засувки	Загальний	
1	2	3	4	5	6
Розрахунковий напрямок 1'-1-2-5-7-11-12-13					
1'-1	2,55	0,994895	0,999398	0,994296	0,994296
1-2	0,02	0,99996	0,999699	0,999659	0,993957
2-5	0,015	0,99997	1	0,99997	0,993927
5-7	0,165	0,999669	1	0,999669	0,993598
7-11	0,85	0,998295	1	0,998295	0,991904
11-12	0,325	0,999348	1	0,999348	0,991257
12-13	0,31	0,999378	1	0,999378	0,990641
Загальний показник надійності для всього напрямку					0,950649

Розрахунок надійності для двоступеневої схеми високого та середнього тиску

№ ділянки	Довжина ділянки, км	Показник безвідмовності			Показник надійності
		Труби	Засувки	Загальний	
1	2	3	4	5	6
1-1	2,55	0,994895	0,999398	0,994296	0,994296
1-2	0,02	0,99996	0,999699	0,999659	0,993957
2-5	0,015	0,99997	0,999699	0,999669	0,993628
5-7	0,165	0,999669	0,999699	0,999368	0,993
7-11	0,85	0,998295	0,999699	0,997995	0,991009
11-12	0,325	0,999348	0,999699	0,999047	0,990064
12-13	0,31	0,999378	0,999699	0,999077	0,98915
Загальний показник надійності для всього напрямку					0,946366

Таблиця 3

Розрахунок надійності для газопроводів вводів систем газопостачання

Тиск у 2-му ступені схеми	Довжина вводів, км	Кількість DSR-10	Показник безвідмовності				Показник надійності
			Труби	Засувки	Регулятори тиску	Загальний	
Для всієї системи в цілому							
Середній тиск	0,95	95	0,9980	0,9718	0,973658	0,9444	0,944402
Низький тиск	0,95	95	0,9980	0,9718	1	0,9699	0,969952

Відповідно до результатів розрахунків, двоступенева схема високого та низького тиску виявилася більш надійна ніж двоступенева схема високого та середнього тиску. Такі результати пов'язані з тим, що схема високого та низького тиску містить в собі менше запірної арматури, кількість якої залежить від тиску газу в трубопроводах. Щодо газопроводів вводів, будинкові регулятори тиску значно зменшують надійність газопостачання, тому їх застосування має бути чітко обгрунтоване.

Визначаємо вартість прокладання газопроводів у двох варіантах з допомогою програмного комплексу АВК-3. Загальна вартість прокладання та матеріалів з обладнанням при прийнятті першого варіанту – двоступеневої схеми високого та низького тиску становить 695,573 тис. грн. Тоді як для другого варіанту – двоступеневої схеми високого та середнього тиску ця цифра складає 742,228 тис. грн. Прокладання двоступеневої схеми високого та низького тиску дешевше на 46,655 тис. грн, ніж прокладання двоступеневої схеми високого та се-



реднього тиску.

Проте, якщо прийняти за умови, що обсяг споживання природного газу не перевищує приладами будинку  $6000 \text{ м}^3/\text{рік}$  (за наявності газових лічильників) ціна за  $1 \text{ м}^3$  становить  $1,098 \text{ грн}/\text{м}^3$  [5]. Різниця витрат газу на виробничо-технологічні втрати варіантів, що порівнюється становить  $18,12 \text{ тис. м}^3$ . Вартість природного газу, що втрачається на виробничо-технологічні потреби буде становити  $19,89 \text{ тис. грн}/\text{рік}$ . Термін окупності системи з низьким тиском, складе  $61,6714/19,89=3,1$  рік.

**Згідно техніко-економічного порівняння** кращим є варіант двохступеневої схеми високого та середнього тиску, проте дана схема має значні виробничо-технологічні втрати газу та нижчий показник надійності. Термін окупності кошторисної вартості варіанту двохступеневої схеми високого та низького тиску становить  $3,1$  рік. Таким чином, для прикладу с. Країв з врахуванням показника надійності, виробничо-технологічних втрат газу та техніко-економічних розрахунків найбільш раціональною є двохступенева схема високого та низького тиску.

**1.** Розподіл і споживання: електронні ресурси в нафтовій та газовій промисловості України: (2006 НАК «Нафтогаз України») [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.naftogaz.com>. **2.** Методика № 2. Визначення питомих виробничо-технологічних втрат природного газу під час його транспортування газорозподільними мережами. Затверджено наказом Міністерства палива та енергетики України 30.05.2003 № 264. **3.** Єнін П. М. Газопостачання населених пунктів і об'єктів природним газом. / П. М. Єнін, Г. Г. Шишко, К. М. Предун. – К. : Логос, 2002. – 198 с. **4.** Ткаченко В. А. Проектування газопостачання населених пунктів, житлових і громадських будинків / В. А. Ткаченко, О. М. Скляренко, К. М. Предун. – К. : КНУБА, 1999. **5.** Про затвердження роздрібних цін на природний газ, що використовується для потреб населення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.nerc.gov.ua>.

Рецензент: д.т.н., проф. Гіроль М. М. (НУВГП)