

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ МІСЦЕВИХ ОПОРІВ

Ю.І. Зарубіна

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 40534
e-mail: tzn g@n u n g . e d u . u a

Проведено дослідження електричного з'єднання з допомогою муфти в реальних умовах для середнього та низького тиску, виявлені закономірності змін коефіцієнта місцевого опору муфти в залежності від режиму течії газу в трубі, а також досліджені закономірності процентного співвідношення місцевих втрат та втрат на тертя по довжині трубопроводу.

Research of electric welding connection is conducted by a muff at the real terms for middle and low pressure, conformities to the law of changes of coefficient of local resistance of muff depending on the mode of flow of gas in a pipe are found out, and also conformities to the law of percent correlation of local losses and losses on friction on length of pipeline are explored.

Газова промисловість нашої країни розвивається і функціонує як єдина система газопостачання, яка являє собою сукупність окремих взаємозалежних елементів: об'єктів видобування, магістрального транспортування газу і газорозподільної системи. Порушення діяльності будь-якого з них призводить до однакових наслідків - зниження ефективності газопостачання. Газорозподільна система - найскладніша складова в загальній структурі газопостачання з безліччю різноманітних функцій, що включають, насамперед, транспортування, розподіл і облік витрати природного газу. Забезпечення нормальної діяльності кожної з цих ланок, підвищення їх надійності та організація раціонального споживання газу сприятимуть ефективній роботі всієї системи газопостачання, що є основним завданням газового господарства країни.

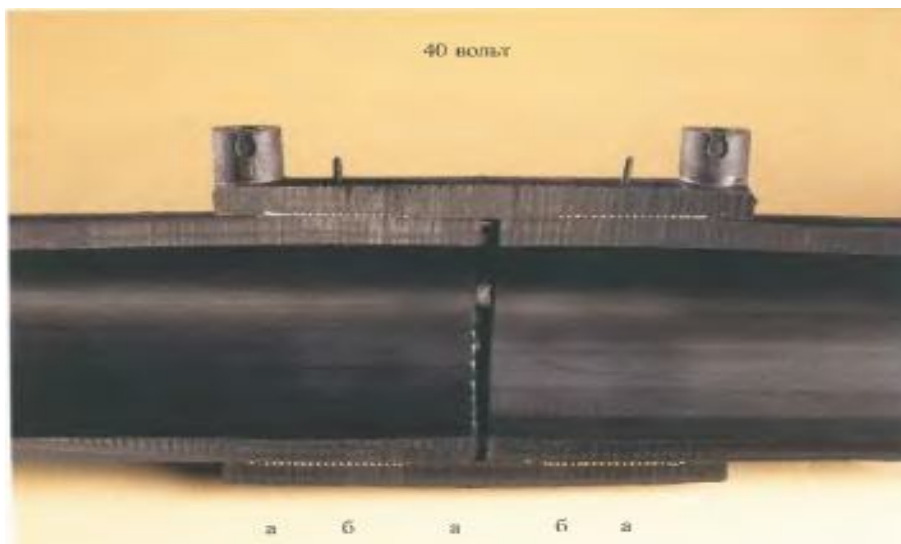
Подальша інтенсифікація експлуатації і розвитку сучасних транспортних систем є однією з найбільших проблем, які постають у даний час перед газовим господарством України (про що свідчать останні аварії в цій галузі) та пов'язані з моральним і фізичним застарінням обладнання. Слід зазначити, що однією із основних проблем всіх газових господарств є відсутність комплексного підходу до реконструкції зовнішніх систем розподілу газу.

Структура господарства змінюється у часі за рахунок збільшення частки житлового фонду, а саме: введення в експлуатацію додаткових споживачів газу та переобладнання вже існуючих об'єктів газоспоживання. Тому застосування полімерних технологій, які набули широкого застосування в газовому господарстві, при реконструкції вже існуючих газових мереж методом протягування поліетиленових труб не є оптимальним і енергозберігаючим заходом, оскільки існуючі газові мережі мають менші діаметри і не завжди зможуть забезпечити необхідну кількість і тиск газу споживачам. В зв'язку з викладеним раніше можна зробити висновок, що відповідні рішення необхідно приймати ще на етапі проектування газорозподільних систем.

Таким чином, актуальність проблеми полягає в підвищенні ефективності роботи систем

газопостачання шляхом удосконалення методик гідрравлічних розрахунків газових мереж середнього та низького тиску із врахуванням новітніх енергозберігаючих технологій.

До енергозберігаючих відносять полімерні технології, які мають ряд переваг, але не досліджені в повному обсязі. Зокрема, поліетиленові труби мають дуже гладку внутрішню поверхню і, відповідно, дуже низьке значення коефіцієнта шорсткості k . Експериментальні дослідження проводились на трубах, які мають коефіцієнт шорсткості рівний 0,002 мм. З часом на внутрішній поверхні діючих трубопроводів може утворюватись додаткова плівка, яка поступово може призвести до підвищення коефіцієнта шорсткості. Її товщина дуже рідко перевищує 0,2 мм. В дійсності коефіцієнти шорсткості для нових поліетиленових труб значно нижчі за вказані значення. Ця перевага полімерних матеріалів порівняно зі сталевими є дуже вагомою, оскільки під час руху газу трубопроводом мають місце втрати напора за рахунок тертя та місцеві втрати, що означає падіння тиску в трубопроводі в напрямку руху потоку, а на величину втрат в трубопроводі за рахунок тертя впливають швидкість потоку, діаметр труби і гладкість внутрішньої поверхні труби (коефіцієнт шорсткості, k) [1,2]. Тому чим менший коефіцієнт шорсткості, тим менші втрати напора на тертя. У відповідності до цього не можна приймати для поліетиленових труб (як для сталевих) місцеві втрати рівними 10% від втрат напора на тертя, оскільки це буде впливати на вибір типорозміру діаметрів ділянок системи газопостачання (діаметри будуть на порядок занижені). Але ці твердження вимагають додаткових досліджень і відповідних обґрунтувань. Довідкові значення коефіцієнтів місцевих опорів були отримані з експериментальних даних минулих століть, що проводились такими вченими як Вейсбах, Коновалов І.М., Х. Роуз та інші [3]. Тому дослідження проводились для потоку води в трубах малих діаметрів (2,5 ÷ 4 см) і за малих швидкостей потоку. Але отримані значення коефіцієнтів місцевих опорів не застосовуються для труб великих діаметрів і за високих швидкостей потоку. Результати досліджень



а) холодна ділянка; б) ділянка, що зварюється

Рисунок 1 – Електрозварювання з'єднувальною муфтою

місцевих опорів під час руху води та повітря наводяться в роботі І. Ідельчика [4]. Всі дослідження проводились для сталевих труб.

Метою даної роботи є встановлення реальних значень коефіцієнтів місцевих опорів і їх впливу на прийняття проектних рішень для систем газопостачання із поліетиленових труб шляхом проведення експериментальних досліджень для газу за реальних умов.

Втрати на тертя трубопроводів можуть бути розраховані за формулою Колбрука-Прандтля-Нікурадзе або за формулою Манінга [3]:

- формула Колбрука-Прандтля-Нікурадзе:

$$\frac{V}{V_t} = -2.5 \ln \left[\frac{k}{3.3d} + \frac{v}{dV_t} \right], \quad (1)$$

де: V – середня масова швидкість газу в трубі;
 V_t – фрикційна масова швидкість, яка до-

рівнює $\sqrt{g \frac{d}{4} i}$;

i – втрати напора на одиницю довжини напірного трубопроводу;

d – внутрішній діаметр труби;

v – коефіцієнт кінематичної в'язкості;

k – коефіцієнт шорсткості;

g – прискорення сили тяжіння;

\ln – натуральний логарифм;

- формула Манінга:

$$V = M \left(\frac{d}{4} \right)^{2/3} i^{1/2}, \quad (2)$$

де: V – середня масова швидкість газу в трубі;
 M – коефіцієнт Манінга [3], рівний $25 k / 6$;

i – втрати напора на одиницю довжини напірного трубопроводу;

d – внутрішній діаметр труби;

k – коефіцієнт шорсткості.

Як правило, трубопроводи складаються не тільки із прямолінійних ділянок, але й з ділянок з іншими перерізами труб, поворотів, вентилів, засувок тощо. Це обумовлює значну зміну характеру руху газу в трубопроводі і, відповідно, додаткові втрати енергії, які в формі втрат напорі можуть додаватись до втрат напорі на тертя по довжині трубопроводу. Такі місцеві втрати описуються рівнянням

$$h_{m.o.} = \frac{\xi \cdot V^2}{2g}. \quad (3)$$

В цьому виразі коефіцієнт ξ виражає величину місцевих втрат і обумовлений в основному геометричною конструкцією трубопроводу. Місцеві опори виникають у разі:

- зміни поперечної перерізу труби;
- повороту труби;
- установки вентилів, засувок;
- відводів від труби.

Місцеві втрати у вхідних отворах з гострими краями можуть бути в десятки разів більшими, ніж в плавно закруглених отворах. Падіння тиску обумовлюється втратами енергії по довжині трубопроводу на тертя зі стінками труби і місцевими втратами, які виникають на поворотах, у вентилях, відводах і т.п.

Оцінка величини місцевих втрат напорі майже завжди базується на результатах експериментів, згідно яких визначаються величини коефіцієнтів втрат.

Для поліетиленових труб діаметром до 630 мм включно може застосовуватись електрозварне з'єднання. Для зварювання використовуються спеціальні муфти, трійники та інші фітінги, у внутрішню поверхню яких вмонтовано металічну спіраль.

Розріз найпростішого електрозварного з'єднання муфтою зображено на рис. 1.

У ході детального вивчення конструкції зображеного на рис. 1 електрозварного з'єднання, можна побачити, що в місці з'єднання



Рисунок 2 – Частина експериментальної установки для досліджень місцевих втрат

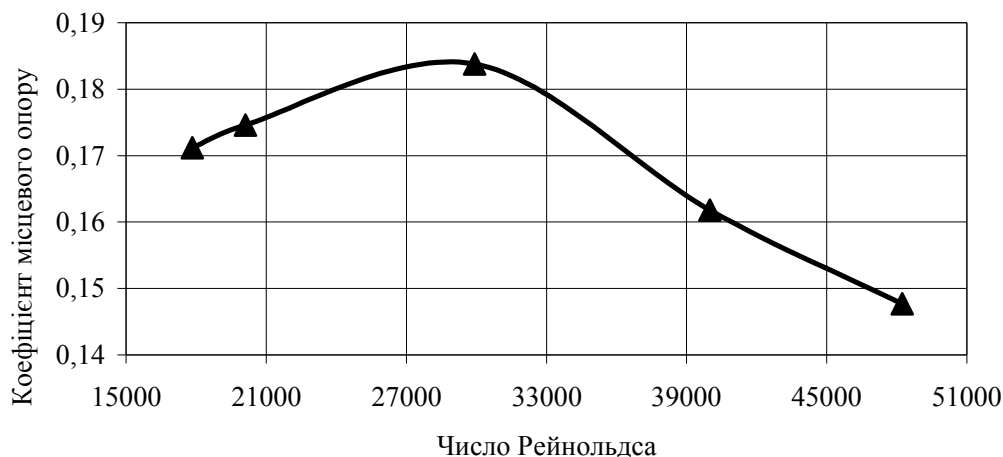


Рисунок 3 – Залежність коефіцієнта місцевого опору від числа Рейнольдса для середнього тиску

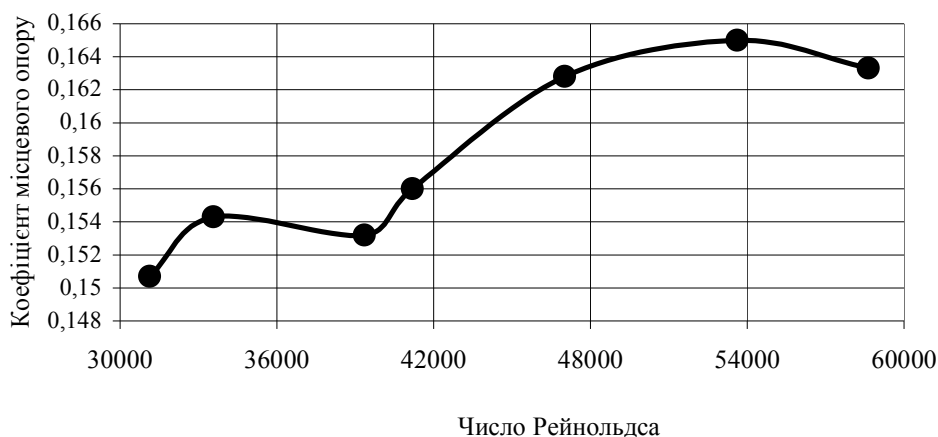


Рисунок 4 – Залежність коефіцієнта місцевого опору від числа Рейнольдса для низького тиску

труби не щільно прилягають і утворюється щілина розміром 2÷3 мм, яка й викликає місцеві втрати потоку. Такий тип з'єднань є характерним тільки для поліетиленових труб і не досліджувався раніше.

Значна кількість з'єднань такого типу (на 100 м до 10÷15 з'єднань) в умовах вуличних газопроводів середнього і низького тиску викликає додаткові місцеві втрати, які до цього часу не рахувались окремо під час проведення

проектних гідравлічних розрахунків (місцеві втрати приймалися рівними 10% від втрат на тертя). Для металопластикових трубопроводів через маленькі значення шорсткості гідравлічні втрати на тертя є низькими, коефіцієнти місцевих опорів фітінгів поліетиленових значно вищі, ніж у з'єднань для сталі, міді та інших матеріалів, тому місцеві втрати не можуть прийматись як 10% частка втрат по довжині, а мають бути розраховані окремо.

Для перевірки викладеного матеріалу було проведено досліди на експериментальній установці, схема якої зображена на рис. 2, за реальних умов при середньому та низькому тисках.

Результати проведених досліджень були опрацьовані із врахуванням ряду факторів [5].

Залежності коефіцієнта місцевого опору від числа Рейнольдса для середнього та низького тисків представлено на рис. 3 та рис. 4 відповідно.

Висновки

Для середнього тиску за чисел Рейнольдса 30000 спостерігається максимальне значення коефіцієнта місцевого опору, після якого відбувається різкий спад. За низького тиску спостерігається аналогічний процес. Можна зробити попередній висновок із будови зварного з'єднання, що за рахунок щілини між трубами виникає завихрення, що призводить до нестаціонарності процесу за низького тиску і збільшення гідравлічного опору за середнього тиску. Даний ефект матиме значний вплив на результати облікових операцій газу на об'єктах газопостачання промислового та побутового призначення.

Результати отримані під час серії проведених експериментів та розрахунків свідчать, що місцеві втрати можуть складати до 15% від втрат напору на тертя. Тому без врахування місцевих опорів під час проектування систем газопостачання будуть прийматися до виконання проекти з заниженими значеннями діаметрів ділянок, що зробить неможливим подальше розширення газової системи без додаткових реконструкцій. Дане спостереження особливо актуальне для міських умов.

Література

- 1 Альтшуль А.Д. Гидравлические сопротивления. - М.: Недра, 1970. – 216 с.
- 2 Альтшуль А.Д., Киселев П.Г. Гидравлика и аэродинамика. - М.: Госстройиздат, 1965. – 279 с.
- 3 Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – Л.: Энергоиздат. Ленингр.отд.-ние, 1982. – 672 с.
- 4 И.Е.Идельчик. Справочник по гидравлическому сопротивлению фасонных и прямых частей трубопроводов. – М.: ЦАГИ, 1950. – 620 с.
- 5 Пэнкхерст Р., Холдер Д. Техника эксперимента в аэродинамических трубах. - М.: Изд-во иностр. лит., 1955. – 153 с.

Міжнародна науково-практична конференція

НОВІ І НЕТРАДИЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В РЕСУРСО-ТА ЕНЕРГО-ЗБЕРЕЖЕННІ

м. Ялта
(23–26 вересня 2008 р.)

Оргкомітет конференції

Асоціація технологів-машинобудівників
України (АТМ України),
04074, м. Київ, вул. Автозаводська, 2

atmu@ism.kiev.ua
koreukina@voliacable.com
тел./факс (044) 430 85 00

Тематика конференції:

- Перспективні технології і виробничі процеси майбутнього
- Шляхи економії матеріальних ресурсів і енергоресурсів під час виготовлення машин
- Мікро- і нанотехнології в машинобудуванні
- Високоєфективні технології комбінованого оброблення
- Високопродуктивні інструменти в металообробці
- Сучасні ресурсозберігаючі технології
- Шляхи автоматизації технологічних процесів в машинобудуванні
- Адаптивні та інтелектуальні системи керування виробничими процесами
- Екологоенергетичні нетрадиційні технології та їх просування в техніку
- Методичні питання вищої освіти в галузі нових технологій