

УДК 504+622.691.482

РОЗГЕРМЕТИЗАЦІЯ ГАЗОПРОВОДІВ – ДЖЕРЕЛО ЗАБРУДНЕННЯ ДОВКІЛЛЯ

Л.В. Палійчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. 4-22-64

Приведены основные причины разгерметизации стальных газопроводов, которые приводят к загрязнению окружающей среды. Предложен экспериментально-аналитический метод определения места разгерметизации подземных газопроводов

Природний газ, як енергоносіє займає важливе місце в енергетичному балансі України [1]. Транспортування газу здійснюється однією з найбільших у світі газотранспортних систем загальною довжиною десятки тисяч кілометрів [2]. Безперервність та надійність постачання газу споживачу залежить від надійності роботи газотранспортних магістралей, компресорних та регулювальних станцій.

Одним з найбільш вагомих критеріїв працездатності газотранспортної системи, який характеризує її надійність є герметичність. Особливо необхідно зробити акцент на герметичності лінійної частини. Розгерметизація трубопроводів супроводжується витіканням газу. Вона відбувається з двох причин: внаслідок неякісно виконаних зварювальних робіт та внаслідок корозії [3].

На підземні газопроводи здійснюють вплив різноманітні фізико-хімічні та ґрунт - кліматичні чинники, які комплексно формують експлуатаційні умови. Складність взаємодії цих змінних у часі чинників призводить до того, що за відповідних поєднань досягається як прискорення так і сповільнення корозійного процесу [4]. Обстеження підземних газопроводів показали, що термін їх експлуатації головним чином залежить від корозійної стійкості основного металу та зварного з'єднання труб, а також характеру руйнування поверхні металу в місцях з порушеним ізоляційним покриттям.

Внаслідок пошкодження зовнішньої ізоляції підземного газопроводу утворюється межа розділу фаз, такий прояв корозії є надзвичайно небезпечним, і найчастіше закінчується наскрізним ураженням та, відповідно, розгерметизацією трубопроводу [5].

Наявність зварного з'єднання значно активізує процеси місцевої корозії, насамперед через виникнення гальванічної пари "основний метал – шов" та зміни структури, а також і електрохімічної активності металу в близькошовній зоні.

У 1996 році загалом в Україні через розгерметизацію газопроводів низького та середнього тиску витекло 270,4 млн.м³ [3]. Приблизно такий самий рівень витоків спостерігався і в 1997 та 1998 роках. Пізніше були проведені

In the work there have been given the reasons of depressurization of steel gas pipelines which cause environmental pollution. It has been offered experimental-analytical method to determine the place of underground gas pipeline depressurization

певні організаційні та технічні заходи, які забезпечили зменшення витікання газу майже до 200 млн.м³ у 1999 році та – 190 млн. м³ у 2000 році. Зберігається тенденція до зменшення витікання газу і в останні роки. Але все ж таки в навколишнє середовище України протягом п'яти років викидається від 0,8 до 1 млрд. м³ газу. Це крім великих економічних збитків також є потужним забруднювачем навколишнього середовища.

Внаслідок викидів такої кількості газу в навколишнє середовище порушується баланс кругообігу вуглецю і кисню, який забезпечується взаємопов'язаними процесами фотогенезу і дихання. Частина хімічних елементів, такі, як вуглець і водень, законсервовані на певний час у горючих копалинах, зокрема, і в природному газі, повертаються в кругообіг після спалювання. Крім того, природний газ у навколишньому середовищі порушує хімічну й енергетичну рівновагу, що може призвести до негативних явищ, які супроводжуються пожежами і вибухами та часто загрожують життю людей.

Особливо небезпечними є викидання газу в житлових, виробничих та інших приміщеннях.

Аварії та аварійні ситуації на магістральних трубопроводах викликані і тим, що в процесі експлуатації стан труб та обладнання з плином часу погіршується. На них діють корозія, ерозійний знос, у стінках труб під впливом змінних напружень утворюються втомні тріщини. Аварії трубопроводів і обладнання є результатом не тільки фізичного зносу труб, але і недостатнього застосування ефективних засобів неруйнівного контролю. За офіційними даними Міністерства транспорту США, число аварій на трубопроводах США за останні роки збільшилось на 24 %, а їх довжина виросла тільки на 5% [6]. Число аварій прогресує у зв'язку зі старінням трубопроводів. Електрохімічний захист трубопроводів ефективний лише в нормованій вузькій області потенціалів 0,35 В, в якій контролювати всю поверхню трубопроводу і зварних вузлів практично неможливо. Отже потенціал в окремих точках на формально захищеному трубопроводі може бути в небезпечній зоні і може створити умови для корозійного розтріскування.



Для виявлення і визначення місцезнаходження корозійних пошкоджень найбільше поширення в трубопроводному транспорті отримали автономні засоби внутрішнього контролю. У США - це засоби типу "Лайнолог" фірми АМЕ Tuboscope і фірми Vetco. Виробництво аналогічних систем було освоєно в Англії (фірма British Gas Corp), в ФРН - фірмою КО-ОР Zuternational Pipeline Service і Франції - фірмою Pipeline Service. В останні роки лідером в Європі з обстеження внутрітрубного простору є фірма Rosen.

"Розен" виготовляє широкий спектр поршнів для обстеження внутрішнього діаметра труби корозійних втрат металу та точного вимірювання дефектів, які базуються на безконтактній багатоканальній технології.

Усі ці засоби використовуються для профілактичних робіт, з метою попередження розгерметизації газопроводів. У даний час можливість для діагностики газотранспортної системи в повному об'ємі є обмеженими. Тому ще значна кількість трубопроводів експлуатуються без діагностики і відповідно без ремонтно-відновлювальних робіт і, як наслідок, мають місце розгерметизація і витікання газу.

Тому надзвичайно важливо виявити місце витoku газу і швидко його загерметизувати.

У даній роботі пропонується експериментально-розрахунковий метод визначення місця витікання газу з трубопроводу. Із закону А.Авогадро та Барометричної формули отримана залежність тиску газу від концентрації його молекул [7]:

$$p = nkT, \tag{1}$$

де n - число молекул газу в одиниці об'єму; k - стала Больцмана; T - абсолютна температура.

Шляхом вимірювання концентрації газу в різних точках за формулою (1) визначаємо поле розподілу тиску навколо місця витoku. Вимірювання концентрації газу можна здійснювати за допомогою будь-яких доступних приладів, але найбільш точно визначається концентрація за допомогою спектральних методів аналізу.

Цей метод можна використовувати для магистральних та розподільчих газопроводів, які розміщені в різних середовищах - у воді, на відкритому повітрі та для підземних газопроводів.

Згідно з законом розподілу Д.К.Максвела та з законом рівномірного розподілу енергії за ступенями вільності дифузія газу в середовищі повинна бути однаковою в різних напрямках. Однак закон Д.К.Максвела не справедливий тоді, коли газ піддається дії зовнішнього силового поля [7]. Ця дія може бути спричинена рухом середовища в яке витікає газ - це рух води або повітряних мас. При цьому необхідно врахувати переносний рух середовища з визначення концентрації газу.

Для підземних газопроводів такий переносний рух практично відсутній, при цьому дифе-

ренціальне рівняння точкового джерела зводиться до рівняння Лапласа [8] у вигляді

$$\alpha \nabla^2 p^2 = -\frac{f}{\rho \beta^*}, \tag{2}$$

де: α - коефіцієнт п'єзопровідності ґрунту

$\left(\alpha = \frac{k}{\mu \beta^*}\right)$, м/с²; k - проникність пористого середовища, м²; μ - абсолютна в'язкість середовища, Па·с; $\beta^* = m \beta_p + \beta_c$ - зведений коефіцієнт об'ємної пружності; β_p, β_c - коефіцієнти об'ємної пружності рідини і породи; m - пористість середовища; ∇^2 - оператор Лапласа

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}; \tag{3}$$

f - функція внутрішнього джерела, км/м³·с;

$$f(x, y, z) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta G}{\Delta V \Delta t}. \tag{4}$$

Нехай початковий тиск в усіх точках безмежного плоского пористого середовища однаковий і дорівнює p_0 , а в точці з координатами (x_0, y_0, z_0) знаходиться постійнодіюче джерело інтенсивності q (кг/м·с). Тоді функція f має вигляд

$$f = q \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z - z_0), \tag{5}$$

де $\delta(x - x_0), \delta(y - y_0), \delta(z - z_0)$ - дельта-функції Дірака.

Рівняння 2 має вигляд

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} = \delta(x - x_0) \delta(y - y_0) \delta(z - z_0), \tag{6}$$

де $u = p^2(x, y, z)$.

Граничні умови $u_{(-\infty, \infty)} = u_0 = p_0^2$.

Загальний розв'язок рівняння Лапласа дає формула Гріна [9, 10], який отримуємо у вигляді

$$u(x, y, z) = p^2(x, y, z) = \frac{1}{2\pi} \int \int_{-\infty}^{\infty} \frac{z}{[(x - \xi)^2 + (y - \eta)^2 + z^2]^{3/2}} f(\xi, \eta) d\xi d\eta, \tag{7}$$

де ξ, η - координати точки, де вимірювали концентрацію газу.

Задаючи значення x, y, z в (7), визначаємо значення функції u , за якими будемо ізобари в ґрунті і відповідно отримуємо точку, в якій розміщене джерело забруднення газом або місце розгерметизації газопроводу.

Література

1. Трубопровідний транспорт газу / М.П.Ковалко, В.Я.Грудз, В.Б.Михалків, Д.Ф.Тимків, Л.С.Шлапак, О.М.Ковалко / За ред.



М.П.Ковалка. — Київ: Агенство з раціональним використанням енергії та екології, 2002. - 600 с.

2. Руднік А.А. Транзитні поставки газу через територію України: проблеми та перспективи / Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ, 2001. - № 1. - С. 9-11.

3. Гончарук М.І. Аналіз причин втрат природного газу / Нафтова і газова промисловість, 2003. - № 2. - С. 56-57.

4. Стрижевський І.В. Подземная коррозия и методы защиты. - М.: Металлургия, 1986. - 112 с.

5. Гончарук М.І., Крижанівський Є.І., Побережний Л.Я. Корозійно-механічна поведінка металу газопроводу / Науковий вісник Національного технічного університету нафти і газу. - Івано-Франківськ: Факел, 2003. - № 1 (5). - С. 54-59.

6. Ільницький М.К. Розробка методів попередження втомних руйнувань морських нафтогазопроводів // Дис. канд. техн. наук: Івано-Франківськ, 2001. - 153 с.

7. Б.М.Яворський, А.А.Детлаф, Л.Б.Милковська, Г.П.Сергеев. Курс фізики. - Київ: Вища школа, 1970. - 356 с.

8. Анциферов В.С. Уравнения математической физики. - Ч. 1. - М.:, 1975. - 190 с.

9. Арсенин В.Я. методы математической физики и специальные функции. - М.: Наука, 1974. - 431 с.

10. Карташов Э.М. Аналитические методы в теории теплопроводности твердых тел. - М.: Высшая школа, 1985. - 480 с.

УДК 504.064

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОЗТІКАННЯ РІДИНИ В ПОРОВОМУ ПРОСТОРИ ЗА НАЯВНОСТІ ТОЧКОВОГО ДЖЕРЕЛА

Л.Є.Шкіца,

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. 4-53-69,
e-mail: public@nung.edu.ua

Є.М.Бакуїн

ДК "Укргазвидобування", м. Київ, вул. Кудрявська 26/28, тел.. (044)461-29-11

Разработана математическая модель формирования ареала загрязнения газовым конденсатом грунта через коррозионные отверстия (свищи) промышленных трубопроводов

У результаті корозійного пошкодження труб виникають свищі, через які конденсат під тиском газу поступає в навколишнє середовище, тобто в ґрунт. При цьому виникає задача формування ареалу забруднення, тобто побудови поля тисків у пористому середовищі як функції просторових координат та часу.

З математичної точки зору розглядається горизонтальний пласт пористого середовища невеликої товщини, в якому спостерігається фільтрація рідини. Розміри пласта такі, що його в математичній постановці задачі можна розглядати як безмежний. У початковий момент часу тиск рідини є сталою величиною. Зміною тиску рідини по товщині пласта можна знехтувати, оскільки товщина пласта є незначною. У момент часу $t=0$ в певному місці в пласт починає поступати рідина, тобто починає діяти додатне джерело маси q_1 , кг/(м·с).

Необхідно встановити як змінюватиметься тиск у пласті в різних його точках, а також залежно і від часу.

It has been worked out a new mathematical of formation of soil pollution areal (station) by gas condensate. This pollution is through rust holes in industrial pipeline

Диференціальне рівняння фільтрації рідини в пласті, як відомо [1], має такий вигляд:

$$\frac{\partial p}{\partial t} = x \nabla^2 p + \frac{f}{q\beta^*}, \quad (1)$$

де: p – тиск рідини в пласті, Па; t – час; x – коефіцієнт п'єзопровідності пласта, м²/с

($x = \frac{R}{\mu\beta^*}$, R – коефіцієнт проникності пласта,

який характеризує властивість пористого середовища пропускати через себе рідину під дією прикладеного перепаду тиску, м², μ – динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с; $\beta^* = m\beta_p + \beta_c$, m – пористість середовища пласта (безрозмірна величина), β_p , β_c – коефіцієнти об'ємної пружності відповідно рідини і пласта, Па⁻¹); g – густина рідини, кг/м³; ∇^2 – оператор Лапласа (у декартовій системі координати

