

УДК 696.2.046

Грицина О. О., к.т.н., доцент, Лукашевич Б. О, Костюк О. І.,
студенти 4 курсу ННБА (Національний університет водного
господарства та природокористування, м. Рівне)

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПАРАМЕТРУ ПОТОКУ ВІДМОВ РОЗПОДІЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ ІЗ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ ВІД ДИНАМІКИ ДОВЖИНИ МЕРЕЖІ ГАЗОПОСТАЧАННЯ

Встановлена залежність параметру потоку відмов від довжини мережі газопостачання із поліетиленових труб.

Ключові слова: надійність, газопровід із поліетиленових труб, потік відмов.

Проектування та розрахунок надійності газопостачання населених пунктів з поліетиленових труб потребують чіткої уяви щодо природи потоку відмов саме із поліетиленових труб та з'єднувальних деталей. Встановлення кількісного значення потоку відмов газопроводів із поліетилену дозволить врахувати його при обґрунтуванні та виборі варіантів проектування та реконструкції систем газопостачання населених пунктів.

Відповідно до техніко-економічних показників роботи газопостачальних підприємств одиночна протяжність вуличних газових мереж на кінець 2013 року становила 284,13 тис. км [1]. Враховуючи, що близько 80% нового будівництва систем газопостачання здійснюється із поліетиленових труб, їх кількість на балансі експлуатуючих підприємств різко збільшилася [2]. Таким чином постає актуальна задача забезпечення надійності розподільних газопроводів із поліетилену та дослідження впливу різних факторів на підтримання необхідної надійності протягом терміну експлуатації.

В будь-який момент часу елемент може знаходитися або в працездатному стані, або в стані відмови. Сам процес функціонування представлений чергуванням періодів роботи або відмови елемента системи. Послідовність відмов елемента в часі складає потік відмов. Потік відмов характеризується параметром потоку відмов ω . Встановлення показників відмов газопроводів, що експлуатуються виконується на основі статистичних методів оцінки показників безвідмовної роботи, тобто на основі статистики аварійних ситуацій, що відбулися. За час спостережень кожен елемент із N однотипних елементів системи (на-

приклад засувки, обладнання ГРП), за якими здійснюють спостереження відмовив m_i раз, тоді параметр потоку відмов визначається з виразу [3]

$$\omega = \sum_{i=1}^N m_i / N \cdot \Delta t. \quad (1)$$

Параметр потоку відмов газопроводів зазвичай відносять на 1 км довжини [3]. В цьому випадку параметр потоку відмов

$$\omega = \sum_{i=1}^k m_i / l \cdot \Delta t, \quad (2)$$

де l – довжина газопроводу, км.

Формування статистичних баз даних, щодо відмов розподільних газопроводів в Україні, ще на стадії становлення. Великі корпорації які володіють газорозподільними підприємствами все частіше звертають увагу на надійність системи газопостачання. Проте комплексні дослідження і рекомендації в Україні ще перебувають на стадії зародження. Тому логічним буде використати досвід інших країн в питанні формування потоку відмов та надійності розподільних газопроводів із поліетиленових труб. Зокрема, в країнах Північної Америки та Європейського Союзу будівництво газопроводів із поліетиленових труб здійснюється починаючи ще з 60-70-х років ХХ століття.

Варто зазначити, що бази даних організацій відрізняються в залежності від законодавчих і технічних умов, доступності та періодичності. Найбільш повна інформація надається Департаментом транспортування, а саме відділом по безпеці трубопроводів (США). Збір інформації про інциденти здійснюється з 1970 року, і з 1984 року про випадки на поліетиленових газопроводах. На сьогодні цей звіт включає також інформацію про газорозподільні мережі США. В 2004 році відмови були поділені на 7 категорій: корозія, природні сили, земляні роботи, руйнування іншими зовнішніми силами, матеріали або зварювання, обладнання або режим роботи та інше.

Суттєві відмінності в характері відмов газопроводів із сталі і поліетилену потребують проведення досліджень інтенсивності та параметру потоку відмов, саме для швидкоростучих в Україні систем газопостачання із поліетилену. Розроблена структура систематизації даних по факторам ризиків аварій на розподільних газопроводах із поліетиленових труб [4] та класифікація відмов [5], дозволяє сформувати необхідні бази даних для проведення досліджень інтенсивності та потоку відмов газопроводів із поліетилену. Проте рідко, яка організація, що експлуа-

тує системи газопостачання повідомляє про кількість відмов на свої газопроводах, і в більшості випадків ця інформація є закритою. Це не дозволяє науковцям проводити відповідний аналіз та розробляти рекомендації по підвищенню надійності систем газопостачання.

Суть формування потоку відмов, дослідження його “природи” носить характер який в певній мірі є наявним для систем будь-якої країни. Звичайно є відмінності в обслуговуванні систем проте підходи та причини формування є спільними. В таблиці 1 наведені статистичні дані потоку відмов розподільних газопроводів із поліетилену в залежності від динаміки довжини мережі газопостачання. Потік відмов ω визначений за формулою (2), де Δt прийнятий 1 рік.

Таблиця

Дослідження залежності параметру потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб від динаміки довжини мережі газопостачання [6–9]

| рік | розподільна мережа (до 200 мм включно) | | | рік | розподільна мережа (до 200 мм включно) | | |
|------|---|--------------------------|----------------------------------|------|---|--------------------------|----------------------------------|
| | довжина газопроводу, км | кількість відмов, шт/рік | $\omega \cdot 10^3$, 1/(км·рік) | | довжина газопроводу, км | кількість відмов, шт/рік | $\omega \cdot 10^3$, 1/(км·рік) |
| 1985 | 225374 | 34 | 0,2427860 | 2000 | 673984 | 38 | 0,0907365 |
| 1986 | 216981 | 20 | 0,1483393 | 2001 | 759061 | 52 | 0,1102489 |
| 1987 | 250299 | 19 | 0,1221637 | 2002 | 792577 | 35 | 0,0710680 |
| 1988 | 299711 | 37 | 0,1986769 | 2003 | 754785 | 36 | 0,0767585 |
| 1989 | 317785 | 33 | 0,1671199 | 2004 | 806957 | 45 | 0,0897449 |
| 1990 | 345384 | 18 | 0,0838722 | 2005 | 850380 | 54 | 0,1021947 |
| 1991 | 385075 | 18 | 0,0752272 | 2006 | 906511 | 41 | 0,0727878 |
| 1992 | 407969 | 24 | 0,0946741 | 2007 | 928716 | 48 | 0,0831775 |
| 1993 | 474338 | 27 | 0,0916058 | 2008 | 943157 | 28 | 0,0477773 |
| 1994 | 505230 | 22 | 0,0700779 | 2009 | 979824 | 45 | 0,0739115 |
| 1995 | 566056 | 30 | 0,0852922 | 2010 | 996956 | 24 | 0,0387421 |
| 1996 | 547446 | 25 | 0,0734931 | 2011 | 1017127 | 29 | 0,0458849 |
| 1997 | 652684 | 22 | 0,0542459 | 2012 | 1036254 | 26 | 0,0403789 |
| 1998 | 707466 | 47 | 0,1069153 | 2013 | 1058183 | 33 | 0,0501881 |
| 1999 | 627596 | 28 | 0,0718002 | - | - | - | - |

Таким чином з ростом системи газопостачання (збільшення кількості (довжини) газопроводів, що експлуатуються) відбувається зменшення кількісного значення потоку відмов (рис. 1). Цю залежність можна умовно розділити на дві основні зони:

1. Різке зменшення значення потоку відмов. Він характеризується ще значним впливом одиниці відмови (m , шт.) на одиницю довжини (l , км).

2. Поступове зменшення потоку відмов. Наступає з моменту коли одиниця відмови (m , шт.) розсіюється при поступовому збільшенні довжини газопроводу (l , км). Система характеризується відносно постійним кількісним значенням потоку відмов при значному збільшенні довжини системи газопостачання.

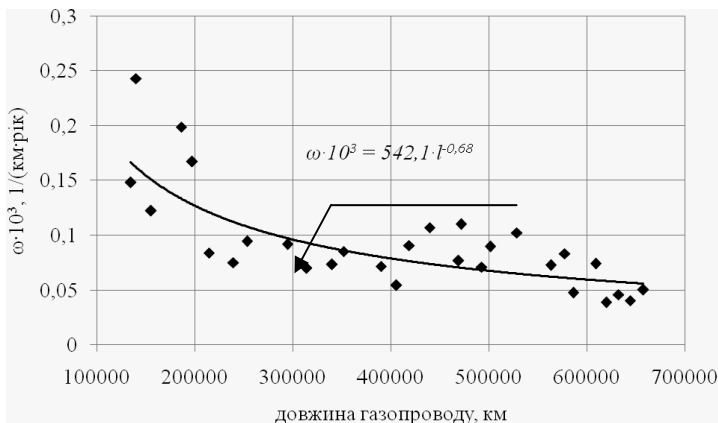


Рис. 1. Залежність потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб від довжини мережі газопостачання

Таким чином потік відмов для розвиненої системи (що має значну довжину) характеризується постійною інтенсивністю відмов. Елементи систем газопостачання є такими, що ремонтуються, що і забезпечує постійність значення потоку відмов. Системи газопостачання є динамічними системами. Протягом певного проміжку часу в них відбувається як введення в дію нових ділянок газопроводів, так і ремонт чи реконструкція вже діючих або і взагалі виведення з експлуатації певних ділянок мережі.

Результатом статистичної обробки результатів досліджень, є отримане рівняння залежності кількісного значення потоку відмов ω , від довжини розподільних газопроводів.

$$\omega \cdot 10^3 = 542,1 \cdot l^{-0,68} \quad (3)$$

де l – довжина розподільної мережі газопостачання із поліетиленових

труб, км.

Обробка здійснювалась відповідно до прийнятих стандартних методик обробки статистичних даних [10]. Апроксимуючи залежність (3) на системи газопостачання з довжиною до 5000 км, які є характерними для населених пунктів України, отримали графік наведений на рис. 2.

Аналіз (рис. 2) показує, що при довжині газопроводів до 1000 км кількісне значення потоку відмов змінюється суттєво приблизно до $5 \cdot 10^{-3}$, 1/(км·рік). З збільшенням довжини мережі, відбувається поступове зменшення кількісного значення потоку відмов.

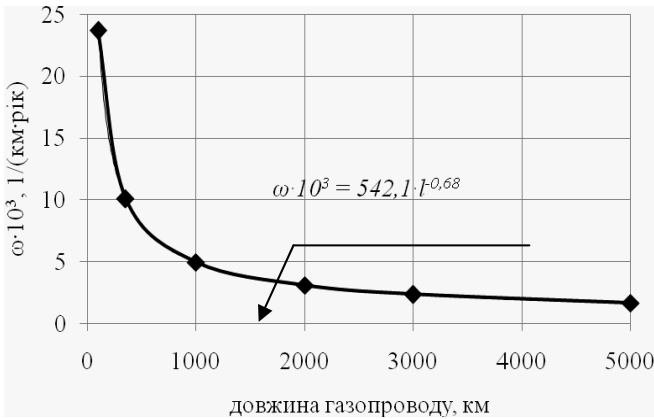


Рис. 2. Залежність потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб від довжини системи газопостачання

В результаті аналізу пошкоджень на газових мережах регіональної компанії «Рівнегаз» (служба по експлуатації газових мереж м. Рівне та частини Рівненського району) були отримані наступні значення параметрів потоку відмов на газопроводах із поліетиленових труб [11]:

1. Порушення механічної міцності матеріалу газопроводу

$$\omega_{p_1} = 0,19 \cdot 10^{-2}, 1/(км \cdot рік).$$

2. Механічні пошкодження розподільної ПЕ труби

$$\omega_{p_2} = 0,56 \cdot 10^{-2}, 1/(км \cdot рік).$$

3. Дефекти зварних з'єднань

$$\omega_{p_3} = 0,19 \cdot 10^{-2}, 1/(км \cdot рік).$$

Враховуючи те, що причини виникнення пошкоджень є незалеж-

ними один від одного, тому розрахункове значення параметра потоку відмов буде рівне сумі ω для всіх перелічених видів пошкоджень

$$\omega = (0,19 + 0,56 + 0,19) = 0,94 \cdot 10^{-2} \text{ 1/(км} \cdot \text{рік)} . \quad (4)$$

Оскільки довжина мережі, що обслуговується компанією “Рівнегаз” протягом періоду досліджень становила 300-380 км., то отримане експериментальне значення потоку відмов $0,94 \cdot 10^{-2} \text{ 1/(км} \cdot \text{рік)}$ добре корелюється з значенням отриманим за допомогою емпіричної залежності (3) $0,955 \cdot 10^{-2} \text{ 1/(км} \cdot \text{рік)}$.

Таким чином отримана емпірична залежність (3) може бути використана при дослідженні та розрахунках надійності розподільних систем газопостачання із поліетиленових труб і дозволяє прогнозувати значення потоку відмов при відомій довжині мережі, розробляти рекомендації щодо її підвищення.

На рис. 3 наведена залежність потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб від терміну експлуатації газопроводів (таблиця).

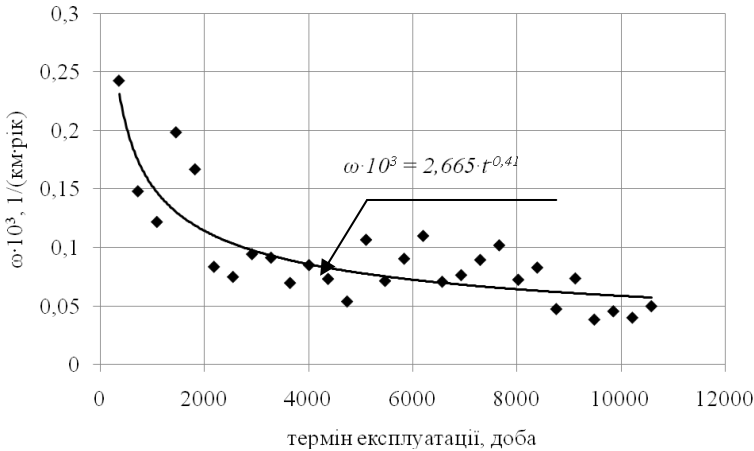


Рис. 3. Залежність потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб від терміну експлуатації газопроводів

Характер залежності носить степеневий вигляд, з поділом на два основні етапи: перший при тривалості експлуатації до 2000–3000 діб при якому значення потоку відмов різко зменшується; другий – більше 3000–4000 діб при якому значення носить характер поступального зменшення значення потоку відмов.

Висновки:

1. В статті виконане дослідження потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб та встановлені залежності потоку відмов від довжини мережі та терміну експлуатації системи газопостачання із поліетилену.

2. Проведено аналіз причин формування потоку відмов поліетиленових газопроводів. Встановлено, що основний потік відмов формують земляні роботи і розкопки біля траси газопроводу.

3. Встановлена емпірична залежність потоку відмов розподільного газопроводу із поліетиленових труб від довжини системи газопостачання. Проведена апробація запропонованої залежності на основі експериментальних досліджень на розподільних газопроводах експлуатуючої організації.

1. Статистичний бюлетень Державної служби статистики України «Про основні показники роботи газового господарства в Україні» за 2009–2013 рік. 2. Табак М. Системи газопостачання України: динаміка розвитку // Инженерные сети из полимерных материалов (ИСПМ). – 2005. – № 4(14). – С. 12–15. 3. Ионин А. А. Газоснабжение // – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с. 4. Грицина О. О. Аналіз факторів ризиків аварійності розподільних газопроводів із поліетиленових труб // Вісник НУВГП. – Рівне, 2014. – № 1 (65). 5. Грицина О. О. Класифікація відмов газових розподільних мереж із поліетиленових труб. Потік відмов // Вісник НУВГП. – Рівне, 2014. – № 1 (65). 6. Gas Distribution Annual PHMSA - Data fields 1985-2013 // DOT PHMSA USA, 1985-2013. 7. Gas Distribution Incident PHMSA - Data fields 1984-2004 // DOT PHMSA USA, 1984-2004. 8. Gas Distribution Incident PHMSA - Data fields 2004-2009 // DOT PHMSA USA, 2004-2009. 9. Gas Distribution Incident PHMSA - Data fields 2004-2009 // DOT PHMSA USA, 2009-2014. 10. Львовский Е. Н. Статистические методы построения эмпирических формул. – М. : Высш. шк., 1988. – 239 с. 11. Грицина О. О. Дослідження потоку відмов розподільних газопроводів із поліетиленових труб // Науковий вісник будівництва. – Х. : ХНУБА, ХОТВАБУ, 2014. – № 4(78).

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

**Hrytsyna O. O., Candidate of Engineering, Associate Professor,
Lykashevych B. O., Kostyk O. I., Senior Students** (National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

**THE DEPENDENCE RESEARCH OF FAILURE FLOW
PARAMETERS OF GAS DISTRIBUTION PIPELINES FROM
POLYETHYLENE ON GAS SUPPLY LENGTH DYNAMICS**

The dependence of failure flow parameter of gas network on length of polyethylene pipes is depermined.

Keywords: reliability, polyethylene gas pipes, flow failures.

Грицына А. А., к.т.н., доцент, Лукашевич Б. О., Костюк О. И., студенты 4 курса ННИБА (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ ПАРАМЕТРА ПОТОКА ОТКАЗОВ РАСПРЕДИЛИТЕЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ОТ ДИНАМИКИ ДЛИНЫ СЕТИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Установлена зависимость параметра потока отказов от длины сети газоснабжения из полиэтиленовых труб.

Ключевые слова: надежность, газопровод из полиэтиленовых труб, поток отказов.
