

УДК 696.2.046

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

КЛАСИФІКАЦІЯ ВІДМОВ ГАЗОВИХ РОЗПОДІЛЬНИХ МЕРЕЖ ІЗ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ. ПОТІК ВІДМОВ

Виконана класифікація відмов газопроводів із поліетиленових труб. Встановлені кількісні значення потоку відмов.

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

В період з 2006 по 2012 рік вітчизняні заводи виготовили для систем газопостачання 98,9 тис. тон поліетиленових труб [1]. Крім того, близько 80% нового будівництва систем газопостачання здійснюється із поліетиленових труб [2]. Поліетиленовим трубам та з'єднувальним деталям як складовим систем газопостачання характерні втрати працездатності в період експлуатації. Відмова являє собою повну або часткову втрату об'єктом працездатності, для відновлення якої необхідний ремонт із відключенням елемента з системи [3]. Встановлення причин відмов, їх класифікація та отримання кількісних значень потоку відмов для газопроводів із поліетиленових труб є актуальним.

Система газопостачання з точки зору відмов являє собою складну систему транспортування та розподілу газу, що складається з наступних основних структурних одиниць: газорозподільна станція – міжселищний газопровід – ГРП, ШРП – розподільний газопровід – газопроводи-вводи, ввідні газопроводи. Робота елемента системи газопостачання передбачає, що елемент працює до відмови, після відмови його виключають з системи, ремонтують (заміняють) і знову включають в роботу [3].

Аналіз факторів ризиків аварійності газопроводів із поліетиленових труб дозволив встановити чотири основні відмови та їх причини, що призводить до втрат працездатності системи газопостачання із поліетиленових труб [4]:

- P_1 – порушення механічної міцності матеріалу газопроводу:
- повільне та швидке поширення тріщин;
 - перевищення радіусів пружного вигину і температурних перепадів;
 - навантаження та впливи, що діють на газопровід (силові, деформаційні, сейсмічні);

- перевищення допустимих параметрів роботи газопроводу при його експлуатації;

- зварювання труб різних градацій MRS, MOP, SDR.

P₂ – механічні пошкодження розподільної ПЕ труби:

- міхури, тріщини, раковини, сторонні вclusions,
- будівельно-монтажні та земляні роботи біля траси газопроводу.

P₃ – дефекти зварних з'єднань:

- крихке і пластичне руйнування зварних з'єднань (недостатнє або (і) нерівномірне зняття оксидного шару, погана зачистка торців труб, забруднення поверхні труби при зварюванні, технологічний контроль процесу зварювання) [5, 6, 7];

- зовнішні дефекти зварних з'єднань (невідповідність зварного шва заданим геометричним розмірам, неправильна геометрична форма шва, зміщення кромки труб, непровари на кінцях труб і деталей, зовнішні пори і тріщини, подрізи) [8, 9];

- внутрішні дефекти зварних з'єднань (непровари кореня зварного шва, внутрішні пори і тріщини, сторонні вclusions, усадочні раковини, ділянки матеріалу, які підлягають впливу термооксидної деструкції) [8];

P₄ – нецільності роз'ємних з'єднань поліетиленової і сталевий труби, металевої запірної арматури та ПЕ кранів.

Відмови розподільних газопроводів із поліетиленових труб можна класифікувати наступним чином:

1. *По ступені критичності.* Залежно від створення загрози життю і здоров'ю людей, небезпечних для людей змін в навколишньому середовищі або до кількісного значення економічних збитків [10]:

- катастрофічні;
- критичні;
- не критичні.

2. *По втраті працездатності системи газопостачання:*

- повна – втрата працездатності системою газопостачання.

Специфіка розподільних газопроводів із поліетиленових труб в тому, що будь-яка втрата герметичності трубопроводом або з'єднувальною деталлю приводить до необхідності повного відключення ділянки газопроводу. До повних відмов можна віднести: порушення механічної міцності матеріалу газопроводу; значні механічні пошкодження розподільної ПЕ труби; дефекти зварних з'єднань; значні корозійні пошкодження сталевих вставок (більше 20 мм);

- часткова – використання об'єкту з обмеженнями (зменшення витрати, тиску газу). До часткових відмов можна віднести: неціль-

ності роз'ємних з'єднань поліетиленової і сталевий труби, металевої запірної арматури та ПЕ кранів; корозійні пошкодження сталевих вставок (5-20 мм).

3. По часу виникнення відмови:

- раптова – пошкодження елемента системи, що потребує його негайного відключення з системи. До раптових відмов можуть привести і менш серйозні пошкодження, якщо вони розміщені поруч житлових і громадських будівель та при цьому є небезпека потрапляння витоків газу в ці будівлі;

- поступова – пошкодження елемента системи, що дозволяє поступово відключити елемент з системи. Характеризується поступовою зміною основних параметрів системи газопостачання.

4. По причині виникнення:

- антропогенні фактори (кваліфікація персоналу заводу-виготовлювача, будівельно-монтажної організації, спеціалізованої організації, замовника, контролюючих органів);

- інструментальні фактори (технічний стан зварювальних пристроїв, іншого технологічного обладнання, проведення оглядів);

- природні фактори (температура зовнішнього повітря та атмосферні опади при виконанні будівельно-монтажних робіт, природні умови при експлуатації газопроводу).

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 (зазвичай Δt приймають один рік) кожен елемент із N однотипних елементів системи (наприклад засувки, крани, обладнання ГРП, ШРП), 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

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

де l – довжина газопроводу, км.

Для встановлення значень показників потоку відмов був проведений аналіз пошкоджень на газових мережах регіональної компанії ПАТ «Рівнегаз» (служба по експлуатації газових мереж м. Рівне та частини Рівненського району). В таблиці 1 наведені дані динаміки довжин газопроводів із поліетиленових труб та характер і кількість витоків відповідно до запропонованої класифікації в таблиці 2. Нещільності роз'ємних з'єднань поліетиленової і сталеві труби носили характер часткової втрати працездатності системи.

Таблиця 1

Динаміка довжин газопроводів із поліетилену

Рік	Довжина міжселищних та розподільних ПЕ газопроводів, км	Довжина газопроводів вводів, км
2008	303,677	107,433
2009	333,726	123,570
2010	360,847	134,089
2011	370,239	145,597
2012	382,712	156,787

Таблиця 2

Кількість пошкоджень на газових мережах із поліетиленових труб

Рік	Механічні пошкодження в рік, шт		Дефекти зварних з'єднань в рік, шт		Порушення механічної міцності матеріалу газопроводу в рік, шт	
	на міжселищних та розподільних газопроводах	на газопроводах вводах	на міжселищних та розподільних газопроводах	на газопроводах вводах	на міжселищних та розподільних газопроводах	на газопроводах вводах
2008	2	–	–	–	–	–
2009	–	–	–	1	–	1
2010	1	1	–	–	–	–
2011	1	–	–	1	–	–
2012	2	1	–	–	–	–

В результаті розрахунків за формулою (2) були отримані наступні значення параметрів потоку відмов на газопроводах із поліетиленових труб:

1. Порушення механічної міцності матеріалу газопроводу

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

2. Механічні пошкодження розподільної ПЕ труби

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

3. Дефекти зварних з'єднань

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

Приведені розрахункові значення параметра потоку відмов для газопроводів із поліетиленових труб характерні для мереж, що експлуатуються 5-10 років. Враховуючи те, що причини виникнення пошкоджень є незалежними один від одного, тому розрахункове значення параметра потоку відмов буде рівне сумі ω для всіх перелічених видів пошкоджень

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

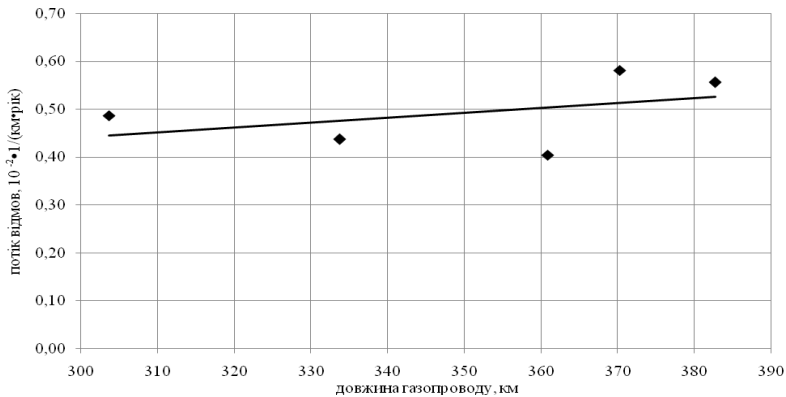


Рис. 1. Залежність потоку відмов від довжини газопроводів

Аналіз статистики аварій на газопроводах із поліетиленових труб показує, що серед пошкоджень переважають механічні пошкодження, викликані проведенням земляних та будівельно-монтажних робіт біля траси газопроводу, та дефекти зварних з'єднань при монтажі сідлових трійників в газопровід.

В країнах північної Америки та Європейського Союзу будівництво газопроводів із поліетиленових труб здійснюється, починаючи з 60-70-х років ХХ століття. Значний досвід як будівництва, так і експлуатації газопроводів із поліетиленових труб дозволяє інженерам та науковцям формувати бази даних щодо характеру та кількості відмов

на газопроводах.

Так, в США відділ *Transportation, Pipeline and Hazardous Material Safety Administration* («DOT/PHMSA») фіксує відмови газопроводів із сталевих та поліетиленових труб починаючи з 1984 року [11]. В період з 1984 по 2004 рік форма звіту включала п'ять основних відмов газопроводів: корозія, руйнування сторонніми силами, будівельна/операційна помилка, помилка оператора та інше. Проте з зафіксованого в цей період потоку відмов для поліетиленових газопроводів (700 випадків) близько 30% відмов були віднесені до категорії «Невідомі» (інше), що ускладнювало наступне опрацювання матеріалів та формування рекомендацій. Таким чином, 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.

Основний потік відмов газопроводів із поліетиленових труб становлять земляні роботи, які в період з 2004 по 2006 рік склали – 79 відмов (57,3%), руйнування іншими зовнішніми силами – 24 відмови (17,4%), матеріал або обладнання – 13 відмов (9,4%), інше – 12 відмов (8,7%), обладнання або режим роботи – 5 відмов (3,6%) та природні сили – 5 відмов (3,6%).

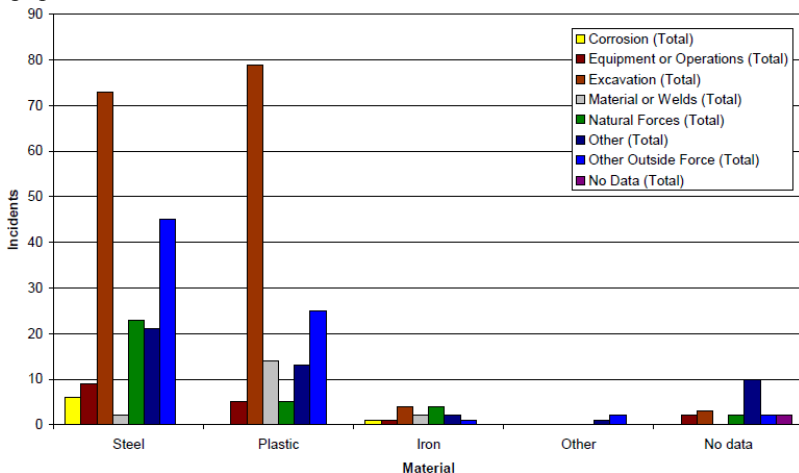


Рис. 2. Кількість відмов газопроводів залежно від категорії відмови в період з 2004 по 2006 рік [11]

Враховуючи те, що середня довжина газопроводів, на яких фіксувалися відмови становить 39600 миль [11] та те, що причини виник-

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

$$\omega = 1,08 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(км·рік)}.$$

Статистичний аналіз аварійності газорозподільних мереж Російської Федерації показує, що аварійність поліетиленових газопроводів в середньому в 7 разів нижча ніж сталевих і становить 3 випадки на 4000 км в рік [12]. Розрахункове значення параметра потоку відмов буде рівне $0,75 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(км·рік)}$.

Отримане кількісне значення потоку відмов на основі даних ПАТ «Рівнегаз» ($0,94 \cdot 10^{-2} \text{ 1/(км·рік)}$) характерне для поліетиленових газопроводів, що експлуатуються на території міст та прилеглих територій, які характеризуються високою щільністю міських мереж, що і зумовлює більше значення порівняно з газопроводами, що експлуатуються при міжселищному чи селищному прокладанні.

При реконструкції та розширенні діючих газових мереж потік відмов для конкретного населеного пункту можна встановити на основі статистичних даних підприємства по експлуатації газопроводів. При відсутності даних та враховуючи чинність ДБН «Газопроводи з поліетиленових труб», відповідно до якого повинна підвищитися якість будівельних робіт і експлуатації та контроль якості і за розрахункове значення параметра потоку відмов для проектування систем газопостачання із поліетиленових труб можна прийняти для газопроводів $1 \cdot 10^{-3} \text{ 1/(км·рік)}$.

З метою попередження аварійності та підвищення надійності систем газопостачання України необхідне створення спільно з іншими регіональними компаніями газопостачання масиву даних щодо потоку відмов на газопроводах із поліетиленових труб.

1. Украинский рынок полимерных труб – год 2012. Полимерные трубы. – 2012. – № 4(25). – С. 14-19. **2.** Табак М. Системи газопостачання України: динаміка розвитку / М. Табак // Інженерні мережі з полімерних матеріалів (ІСПМ). – 2005. – № 4(14). – С. 12-15. **3.** Ионин А. А. Газоснабжение / А. А. Ионин // – М. : Стройиздат, 1989. – 439 с. **4.** Грицина О. О. Аналіз факторів ризиків аварійності розподільних газопроводів із поліетиленових труб / О. О. Грицина // Вісник НУВГП. – 2014. – № 1. **5.** Кимельблат В. И. Оптимизация технологии контактной сварки встык / В. И. Кимельблат, И. В. Волков // Полимерные трубы. – 2010. – № 2(15). – С. 30-35. **6.** Стефан Бич. Гармонизация процедур стыковой сварки и методов испытаний / Стефан Бич, Кристоф Салле, Ульрих Шульте // Полимерные трубы. – 2013. – № 1(26). – С. 24-30. **7.** Семенец А. В. Внедренная система управления качеством / А. В. Семенец, В. И. Олофинский // Полимерные трубы. – 2008. – № 4(9). – С. 18-23. **8.** Крупак І. Інженерні мережі

з полімерів / І. Крупак // – Львів : ЕКОінформ, 2008. – 372 с. **9.** ДБН В.2.5-41:2009 «Газопроводи з поліетиленових труб» // – Київ : Мінрегіобуд України, 2010. – 145 с. **10.** РД 51-4.2.-003-97 «Методические рекомендации по расчетам конструктивной надежности магистральных газопроводов» // – М., 1997. – 90 с. **11.** Michael M. Mamoum. Plastic Pipe Failure, Risk, and Threat Analysis / Michael M. Mamoum, Julie K. Maupin, Michal J. Miller // – Gas Technology Institute, 2009. – 337 p. **12.** Сухарев М. Г. Статистический анализ аварийности газораспределительных систем / М. Г. Сухарев, А. Г. Лапига, Э. В. Калинина // Территория нефтегаз. – 2010. – № 4. – С. 16-19.

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

Hrytsyna O. O., Candidate of Engineering, Associate Professor
(National University of Water Management and Nature Resources Use, Rivne)

FAILURES CLASSIFICATION OF GAS DISTRIBUTION NETWORK WITH PE PIPES. FLOW FAILURES

The classification of gas polyethylene distribution network is given. The quantitative flow failures values are defined.

Keywords: reliability, polyethylene gas pipes, flow failures.

Грицьина А. А., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ ГАЗОВЫХ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ИЗ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ. ПОТОК ОТКАЗОВ

Выполнена классификация отказов газопроводов из полиэтиленовых труб. Установлены количественные значения потока отказов.

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