

Моделювання надійності системи
газопостачання з використанням нечітких баз знань

Автор статті: Г.С. Ратушняк, к.т.н., професор ВНТУ
О.І. Ободянська, аспірант ВНТУ

Технічний стан розподільчих газопроводів і споруд на них є основним показником, який характеризує безпечну і надійну їх експлуатацію. В зв'язку з цим особливо важливим є визначення технічного стану розподільчих газопроводів амортизаційний термін яких закінчився. Особливо це є визначальним для мереж, які включені в план капітального ремонту, та тих, на яких були витoki газу, розриви зварних стиків, корозійні пошкодження, які експлуатуються з тривалою перервою роботи електрозахисних установок [1, 2].

До основних критеріїв, що визначають технічний стан підземних газопроводів, відносяться: оцінка щільності; контроль стану захисного покриття та стану металу труб, оцінка корозійної небезпеки та оцінка якості зварних стиків, наявність або відсутність електрохімічного захисту [3].

Аналіз світового та вітчизняного досвіду свідчить про важливість оцінювання технічного стану газопроводів, який залежить від організації контролю та шляхів підвищення експлуатаційної надійності газопроводів. У зв'язку із різким скороченням будівництва нових газопроводів, збільшенням терміну та технічно недосконалими умовами експлуатації діючих, їх недостатнього рівня надійності у газовій галузі гостро стоїть питання діагностики технічного стану газопроводів.

Вітчизняні науковці приділяють основну увагу дослідженням та покращенням існуючих методів, способів, методик та технічних засобів оцінки та контролю технічного стану газопроводу. Практично відсутні експериментальні та теоретичні дослідження впливу кількісних та якісних факторів зовнішнього впливу на технічний стан системи газопостачання. Не існують обґрунтовані методи вирішення проблеми управління організаційно – технологічними заходами щодо діагностування технічного стану системи газопостачання. Не запропоновано обґрунтовані моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішень по оцінюванню технічного стану елементів систем газопостачання з врахуванням якісних характеристик.

Газорозподільна система – найскладніша складова з безліччю різноманітних функцій, що включають насамперед транспортування, розподіл та облік витрати природного газу. Дана система багатofакторна. Фактори впливу можна підрозділити на декілька груп: дефекти, що виникають під час проектування системи; ті, що пов'язані з будівельно-монтажним циклом; ті, що виникають в процесі експлуатації. Не врахування цих факторів може бути причиною техногенних катастроф.

Відомі методи оцінки та контролю технічного стану газопостачання потребують модифікації та удосконалення. Використання теорії нечітких множин та лінгвістичних змінних дозволяє на основі віртуального експерименту розробити методику інтелектуальної підтримки прийняття рішень при управлінні експлуатаційною надійністю систем газопостачання з врахуванням кількісних й якісних параметрів об'єкта. Цей метод як взаємозв'язана сукупність математичних моделей дозволяє використовувати експертно-лінгвістичну інформацію для прогнозування технічного стану газопроводів в залежності від факторів, що його обумовлюють. Моделювання надійності розглянуто на прикладі лінгвістичних змінних з експлуатації системи Розглядаючи цей процес на системному рівні, лінгвістична змінна, що описує експлуатацію систем, може бути представлена виразом

$$Z = f_z(z_1; z_2; z_3; z_4), \quad (1)$$

де z_1 – ЛЗ “стан металу”;

z_2 – ЛЗ “технічне зношення елементів”;

z_3 – ЛЗ “технічний рівень обслуговуючого персоналу”;

z_4 – ЛЗ “планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів”.

В рівняння (1) входять змінні z_1, z_3 , які в свою чергу залежать від інших факторів

$$z_1 = f_{z_1}(n_1; n_2; n_3), \quad (2)$$

$$z_3 = f_{z_3}(t_1), \quad (3)$$

де n_1 – ЛЗ “ступінь корозії металу”;

n_2 – ЛЗ “корозійна активність ґрунту”;

n_3 – ЛЗ “навіть анодних і знакозмінних зон, які викликані блукаючими струмами”;

t_1 – ЛЗ “підтримка газопроводів і обладнання у справному стані”.

Для лінгвістичних змінних оціночні терми наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Позначення та назва змінної	Універсальна множина	Терми для оцінки
1	2	3
n_1 – ступінь корозії металу	(1...3) у.о.	повна, часткова, відсутня
n_2 – корозійна активність ґрунту	0...100%	повна, мала, відсутня
n_3 – навіть анодних і знакозмінних зон, які викликані блукаючими струмами	0...100%	присутні, частково відсутні, відсутні
z_2 – технічне зношення елементів	0...100%	повне, відсутнє, часткове,
t_1 – підтримка газопроводів у справному стані	(1...3) у.о.	низька, середня, висока
z_4 – планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів	1...100%	присутні, частково відсутні, відсутні

Запропонований метод побудови функцій належності передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Етап фазифікації включає вибір нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, що заданий на відповідних універсальних множинах [4-7]. Функції належності для лінгвістичної змінної, що описують експлуатацію системи представлені на рисунку 1.

Модельовання оцінювання технічного стану системи газопостачання на рівні експлуатації системи

Оцінка рівнів лінгвістичних змінних, що зв’язує експлуатацію системи (Z) із станом металу (z_1), технічним зношенням елементів (z_2), технічним рівнем обслуговуючого персоналу (z_3), ремонтними роботами на газопроводах (z_4) виконується з використанням системи терм-множин:

$T(Z) = \langle \text{низька, нижче середнього, середня, вище середнього, висока} \rangle$;

$T(z_1) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle$;

$T(z_2) = \langle \text{відсутнє, часткове, повністю} \rangle$;

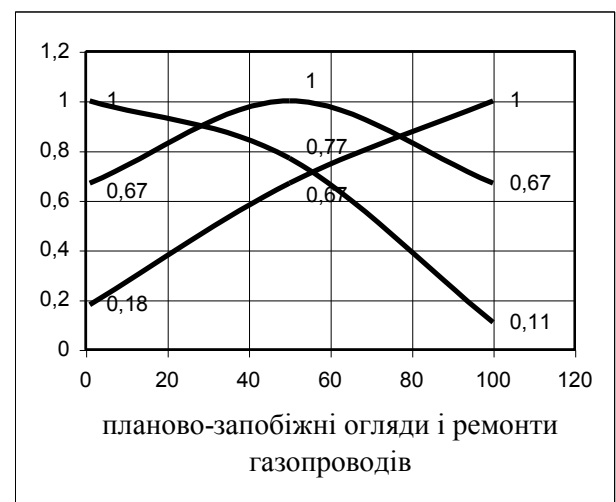
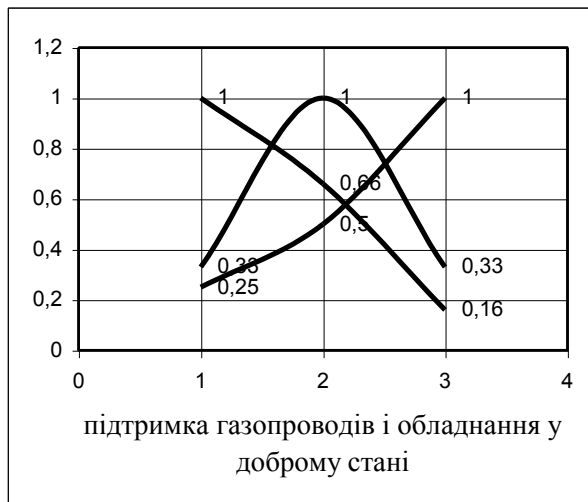
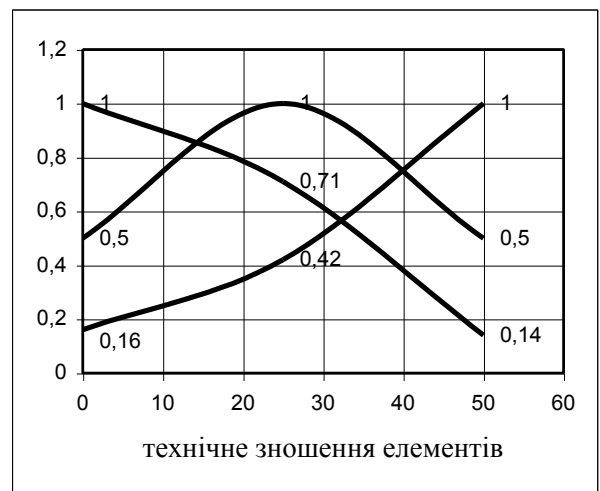
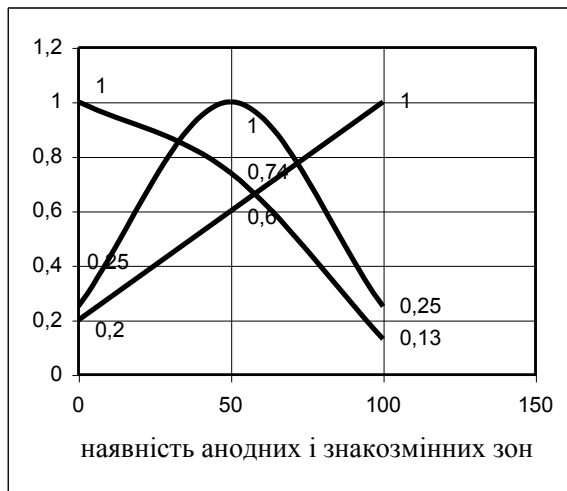
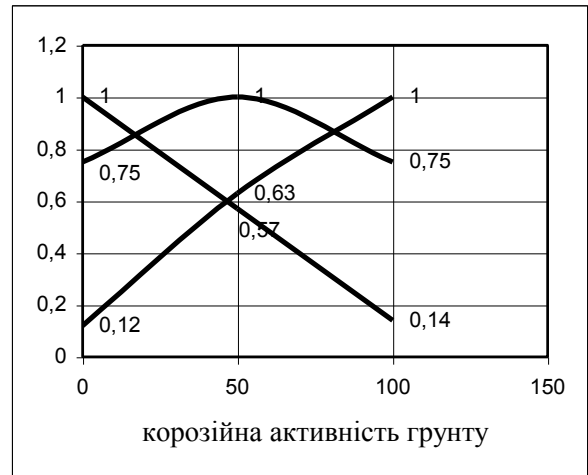
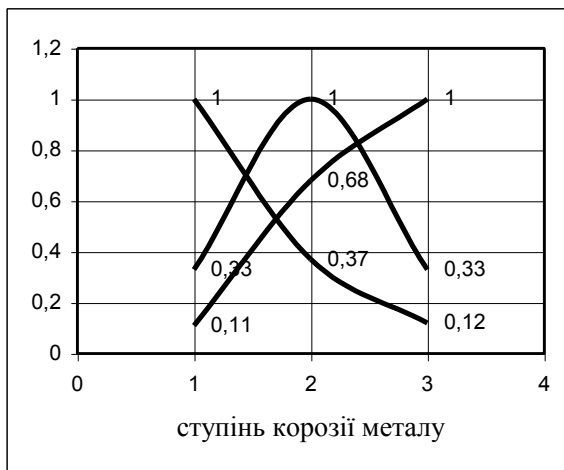


Рис. 1. Функції належності для ЛЗ, що описують експлуатацію системи

$T(z_3) = \langle \text{низький, нижче середнього, середній, вище середнього, високий} \rangle;$

$T(z_4) = \langle \text{відсутні, частково відсутні, присутні} \rangle.$

Нечітка матриця знань з урахуванням введених якісних терм для моделювання залежності (1) наведена в табл. 2.

Матриця знань для залежності (1)

ЯКЩО				ТО
Стан металу (z_1)	Технічне зношення елементів (z_2)	Технічний рівень обслуговуючого персоналу (z_3)	Планово- запобіжні огляди і ремонти газопров. (z_4)	Експлуатація системи (Z)
1	2	3	4	5
Низький (Н)	Повністю (Пв)	Низький (Н)	Присутні (П)	Низька (Н)
Низький (Н)	Повністю (Пв)	Нижче середнього (нС)	Присутні (П)	
Низький (Н)	Часткове (Ч)	Низький (Н)	Частково відсутні (чВд)	Нижче середнього (нС)
Нижче середнього (нС)	Часткове (Ч)	Нижче середнього (нС)	Присутні (П)	
Нижче середнього (нС)	Повністю (Пв)	Середній (С)	Присутні (П)	
Середній (С)	Відсутнє (Вд)	Нижче середнього (нС)	Частково відсутні (чВд)	Середня (С)
Нижче середнього (нС)	Часткове (Ч)	Вище середнього (вС)	Частково відсутні (чВд)	
Середній (С)	Часткове (Ч)	Середній (С)	Частково відсутні (чВд)	
Середній (С)	Відсутнє (Вд)	Вище середнього (вС)	Відсутні (Вд)	Вище середнього (вС)
Середній (С)	Часткове (Ч)	Вище середнього (вС)	Частково відсутні (чВд)	
Вище середнього (вС)	Часткове (Ч)	Високий (В)	Присутні (П)	
Високий (В)	Часткове (Ч)	Високий (В)	Відсутні (Вд)	Висока (В)
Високий (В)	Відсутнє (Вд)	Високий (В)	Відсутні (Вд)	

Лінгвістичним висловлюванням, що наведено в табл. 2, відповідає система нечітких логічних рівнянь, які характеризують поверхню належності змінних по відповідному терму

$$\mu_H(Z) = \mu_H(z_1) \wedge \mu_{Пв}(z_2) \wedge \mu_H(z_3) \wedge \mu_{П}(z_4) \vee \mu_H(z_1) \wedge \mu_{Пв}(z_2) \wedge \mu_{нС}(z_3) \wedge \mu_{П}(z_4); \quad (4)$$

$$\mu_{нС}(Z) = \mu_H(z_1) \wedge \mu_{ч}(z_2) \wedge \mu_H(z_3) \wedge \mu_{чВд}(z_4) \vee \mu_{нС}(z_1) \wedge \mu_{ч}(z_2) \wedge \mu_{нС}(z_3) \wedge \mu_{П}(z_4) \vee \mu_{нС}(z_1) \wedge \mu_{Пв}(z_2) \wedge \mu_{нС}(z_3) \wedge \mu_{П}(z_4); \quad (5)$$

$$\mu_C(Z) = \mu_C(z_1) \wedge \mu_{Вд}(z_2) \wedge \mu_{нС}(z_3) \wedge \mu_{чВд}(z_4) \vee \mu_{нС}(z_1) \wedge$$

$$\wedge \mu_{\text{ч}}(z_2) \wedge \mu_{\text{гс}}(z_3) \wedge \mu_{\text{чвд}}(z_4) \vee \mu_{\text{с}}(z_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(z_2) \wedge \mu_{\text{нс}}(z_3) \wedge \mu_{\text{чвд}}(z_4); \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{гс}}(Z) = & \mu_{\text{с}}(z_1) \wedge \mu_{\text{вд}}(z_2) \wedge \mu_{\text{гс}}(z_3) \wedge \mu_{\text{чвд}}(z_4) \vee \mu_{\text{с}}(z_1) \wedge \\ & \wedge \mu_{\text{ч}}(z_2) \wedge \mu_{\text{гс}}(z_3) \wedge \mu_{\text{чвд}}(z_4) \vee \mu_{\text{гс}}(z_1) \wedge \\ & \wedge \mu_{\text{ч}}(z_2) \wedge \mu_{\text{в}}(z_3) \wedge \mu_{\text{п}}(z_4); \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \mu_{\text{в}}(Z) = & \mu_{\text{в}}(z_1) \wedge \mu_{\text{ч}}(z_2) \wedge \mu_{\text{в}}(z_3) \wedge \mu_{\text{вд}}(z_4) \vee \\ & \vee \mu_{\text{в}}(z_1) \wedge \mu_{\text{вд}}(z_2) \wedge \mu_{\text{в}}(z_3) \wedge \mu_{\text{вд}}(z_4); \end{aligned} \quad (8)$$

Дані системи нечітких логічних рівнянь дають змогу уявити поверхню належності змінних (z_1) , (z_2) , (z_3) , (z_4) по відповідним термам, щодо кожного лінгвістичного висловлювання.

Щоб перейти від отриманих нечітких множин до кількісної оцінки, необхідно виконати процедуру дефазифікації, тобто перетворення нечіткої інформації в чітку форму. В даному прикладі використовується метод знаходження “центра ваги” плоскої фігури, яка обмежена функцією належності нечіткої множини та горизонтальною координатою. Модель нечіткого логічного висновку разом з процедурою дефазифікації забезпечує можливість спостереження за змінами вихідного показника (технічного стану системи газопостачання) при варіації факторів впливу. Дозволяє прогнозувати технічний стан з використанням експертних та експериментальних даних, що характеризують умови експлуатації.

Список літератури

1. Кязимов К.Г. Основы газового хозяйства / К. Кязимов, В. Гусев. – М.: Высшая школа, 2000. – 465 с. – ISBN 5-06-003431-3, ISBN 5-7695-0501-X.
2. Жила В.А. Газовые сети и установки / Жила В.А., Ушаков М.А., Брюханов О.Н. – М.: Академия, 2003. – 272 с. – ISBN 5-7695-1315-2
3. Ратушняк Г.С. Експлуатація зовнішніх газопроводів і споруд систем газопостачання: навч. посібник / Г.С. Ратушняк, Г.С. Попова – Вінниця: ВДТУ, 2001. – 94 с.
4. Повышение эффективности работы трубопроводных магистралей / [Иванов В.А., Яковлев Е.И., Пушкин А.А. и др]. – М.: ВНИИОЭНГ, 1993. – 510 с.
5. Ратушняк Г.С. Управління проектами енергозбереження шляхом термореновації будівель: навч. посібник. / Г.С. Ратушняк, О.Г. Ратушняк. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 106с.
6. Лялюк О.Г. Управління проектами зменшення радононебезпеки в будівництві / Лялюк О.Г. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2003. – 139 с.
7. Ратушняк Г.С. Інтенсифікація біоконверсії коливальним перемішуванням субстрату / Г.С. Ратушняк, В.В. Джеджула. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 117 с. – ISBN 978-966-641-272-3.

