

МОДЕЛЮВАННЯ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ГАЗОПОСТАЧАННЯ НА ОСНОВІ ЛІНГВІСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська

Вступ

До енергозабезпечення підприємств промислової інфраструктури та комунального сектора висуваються жорсткі вимоги щодо високої надійності функціонування. Забезпечення надійності систем газопостачання є пріоритетним в діяльності підприємств газового господарства і можливе шляхом постійного вдосконалення методів оцінювання і прогнозування технічного стану їх складових з використанням існуючої достовірної інформації.

Газова промисловість нашої країни розвивається і функціонує у вигляді єдиної системи газопостачання, яка являє собою цілісність окремих взаємозалежних елементів: об'єктів видобутку, магістрального транспорту газу, споруд та обладнання, арматури та газової апаратури. 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. Неврахування цих факторів може бути причиною техногенних катастроф.

Однією із причин низької надійності систем газопостачання є відсутність надійного комплексного інструменту з оцінювання і прогнозування їх технічного стану, який би враховував фактори, що мають кількісний і якісний характер. Науково обгрунтоване управління цим процесом можливе з використанням геоінформаційної системи, яка дозволяє оперативно враховувати зміну технічного стану газопроводів при прийнятті організаційно-технічних рішень, що виникають при появі збуджуючих факторів в системі. Вирішення цієї задачі можливе з використанням математичної моделі прийняття управлінських рішень, розробленої з використанням теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних, яка дозволяє при моделюванні враховувати кількісні та якісні збуджуючі параметри, які впливають на надійність системи газопостачання [1, 2].

Основна частина

Метод нечіткої логіки як взаємопов'язана сукупність математичних моделей дозволяє використовувати експерто-лінгвістичну інформацію для прогнозування технічного стану газопроводів залежно від факторів, що його обумовлюють. Такими основними факторами є: проектні рішення, якість будівельно-монтажних робіт та експлуатаційні параметри системи. Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на технічний стан газопроводів виконана їх класифікація (рис. 1) [3, 4].

Розглядаючи надійність системи газопостачання на системному рівні, лінгвістичну змінну $A_{СП}$, що характеризує вплив на технічний стан газопроводів, можна записати у вигляді співвідношення

$$A_{СП} = f(X; Y; Z), \quad (1)$$

де X – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує науково-технічний рівень проектних рішень;
 Y – ЛЗ, що описує якість будівельно-монтажних робіт;
 Z – ЛЗ, що описує технічні умови експлуатації системи.

Лінгвістична змінна, що описує науково-технічний рівень проектних рішень, може бути подана виразом:

$$X = f_x(x_1; x_2; x_3), \quad (2)$$

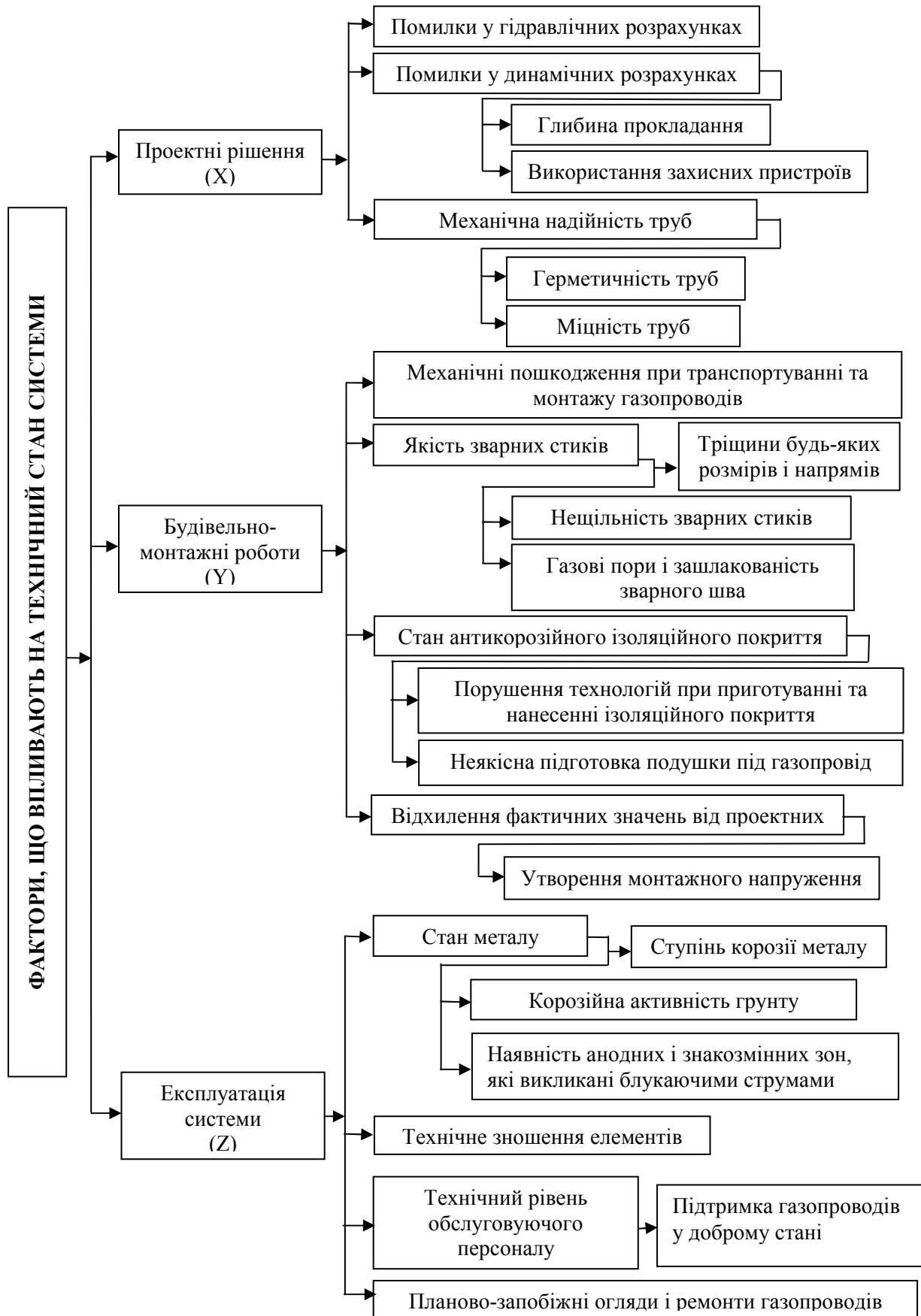


Рис. 1. Класифікація факторів, що впливають на технічний стан системи газопостачання

- де x_1 – ЛЗ “помилки у гідравлічних розрахунках”;
 x_2 – ЛЗ “помилки у динамічних розрахунках”;
 x_3 – ЛЗ “механічна надійність труб”.

Лінгвістична змінна, що описує якість будівельно-монтажних робіт, може бути подана виразом

$$Y = f_y(y_1; y_2; y_3; y_4), \quad (3)$$

- де y_1 – ЛЗ “механічні пошкодження при транспортуванні та монтажі газопроводів”;
 y_2 – ЛЗ “якість зварних стиків”;
 y_3 – ЛЗ “стан антикорозійного ізоляційного покриття”;
 y_4 – ЛЗ “відхилення фактичних значень від проектних”.

Лінгвістична змінна, що описує технічні умови експлуатації системи, може бути подана виразом

$$Z = f_z(z_1; z_2; z_3; z_4), \quad (4)$$

- 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 (2) входять змінні x_2 , x_3 , які в свою чергу залежать від інших факторів

$$x_2 = f_{x_2}(s_1; s_2), \quad (5)$$

$$x_3 = f_{x_3}(b_1; b_2), \quad (6)$$

- де s_1 – ЛЗ “глибина прокладання”;
 s_2 – ЛЗ “використання захисних пристроїв”;
 b_1 – ЛЗ “герметичність труб”;
 b_2 – ЛЗ “міцність труб”.

В рівняння (3) входять змінні y_2 , y_3 , y_4 , які в свою чергу залежать від інших факторів

$$y_2 = f_{y_2}(c_1; c_2; c_3), \quad (7)$$

$$y_3 = f_{y_3}(d_1; d_2), \quad (8)$$

$$y_4 = f_{y_4}(p_1), \quad (9)$$

- де c_1 – ЛЗ “тріщини любых розмірів і напрямків”;
 c_2 – ЛЗ “нещільність зварних стиків”;
 c_3 – ЛЗ “газові пори і зашлакованість зварного шва”;

d_1 – ЛЗ “порушення технології при приготуванні і нанесенні ізоляційного покриття”;

d_2 – ЛЗ “неякісна підготовка подушки під газопровід”;

p_1 – ЛЗ “утворення монтажного напруження”.

В рівняння (4) входять змінні z_1, z_3 , які в свою чергу залежать від інших факторів

$$z_1 = f_{z_1}(n_1; n_2; n_3), \quad (10)$$

$$z_3 = f_{z_3}(t_1), \quad (11)$$

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 у доброму стані”.

За результатами аналізу ієрархічної сукупності співвідношень (1)-(11) побудовано дерево логічного висновка (рис. 2) у вузлах якого позначені номери формул (1)-(11). Оцінка значень лінгвістичних змінних, які наведені в співвідношеннях (1)-(11), проводиться за допомогою системи якісних термінів: Н – низька; нС – нижче середнього; С – середня; вС – вище середнього; В – висока. Кожний з цих термінів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Для лінгвістичних змінних оціночні терми відповідно до їх експертної оцінки наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Фактори впливу як лінгвістичні змінні

Позначення та назва змінної	Універсальна	Терми для оцінки
1	2	3
x_1 – помилки у гідравлічних розрахунках	(1...5) бали	грубі, вище середніх, середні, нижче середніх, відсутні
s_1 – глибина прокладання	0,8-1,2 м	низька, середня, висока
s_2 – використання захисних пристроїв	0...100%	відсутні, частково відсутні, присутні
b_1 – герметичність труб	0,1-1,60 МПа	низька, середня, висока
b_2 – міцність труб	0,6-2,0 МПа	низька, середня, висока
y_1 – механічні пошкодження при транспортуванні та монтажі газопроводів	0...100%	відсутні, частково відсутні, присутні
c_1 – тріщини будь-яких розмірів і напрямків	0...100%	присутні, частково відсутні, відсутні
c_2 – нещільність зварних стиків	0...100%	присутня, частково відсутня, відсутня
c_3 – газові пори і зашлакованість зварного шва	0...100%	присутні, частково відсутні, відсутні
d_1 – порушення технології при приготуванні та нанесенні ізоляційного покриття	(1...3) у.о.	можливе, часткове, неможливе
d_2 – неякісна підготовка подушки під газопровід	(1...3) у.о.	можливе, часткове, неможливе

Продовження табл. 1

1	2	3
p_1 – утворення монтажного напруження	0...100 Нм	мале, середнє, високе
n_1 – ступінь корозії металу	(1...3) у.о.	повна, часткова, відсутня
n_2 – корозійна активність ґрунту	0...100%	повна, мала, відсутня
n_3 – наявність 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 гарному стані	(1...3) у.о.	низька, середня, висока
z_4 – планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів	1...100%	присутні, частково відсутні, відсутні

Дерево логічного висновку (рис. 2), що побудоване за класифікованими факторами впливу на технічний стан системи газопостачання (рис. 1), визначає систему вкладених одне в одного висловлювань, тобто їх ієрархічний зв'язок. Корінь дерева логічного висновку відповідає технічному стану системи газопостачання, а висячі вершини – факторам, що впливають на його величину.

Запропонований метод побудови функцій належності передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу [5]. Етап фазифікації включає вибір нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, що заданий на відповідних універсальних множинах.

Нечітка множина, за допомогою якої формалізується терм \tilde{S} , є сукупністю пар

$$\tilde{S} = \left\{ \frac{\mu_s(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_s(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_s(u_n)}{u_n} \right\}, \quad (12)$$

де $\{u_1, u_2, \dots, u_n\} = U$ - універсальна множина, на якій задається нечітка множина $S \in U$;

$\mu_s(u_i)$ - ступінь належності елемента $u_i \in U$ до нечіткої множини \tilde{S} .

Невідому функцію належності буде складати сукупність значень $\mu_s(u_i)$ для всіх $i = \overline{1, n}$, яку необхідно визначити. Метод розв'язання цієї задачі базується на ідеї розподілу ступенів належності універсальної множини згідно з їх рангами. Під рангами елемента $u_i \in U$ розуміється число $r_s(u_i)$, яке характеризується значимістю цього елемента у формуванні властивості, що описується нечітким термом \tilde{S} . При цьому виконується припущення, що чим більший ранг елемента, тим більший ступінь його належності.

Запропонована методика побудови функції належності детально розглядається на прикладі фактора x_1 - "помилки у гідравлічних розрахунках".

1. Фактор x_1 - "помилки у гідравлічних розрахунках"

$$U(x_1) = [1 \dots 5] \text{ балів.}$$

Для лінгвістичної оцінки фактора x_1 використовується терм-множина :

$T(x_1) = < \text{грубі, вище середніх, середні, нижче середніх, відсутні} >$.

На підставі рішення матриць парних порівнянь були отримані функції належностей для всіх термів. Отримані результати функцій належності пронормовані на одиницю шляхом ділення на найбільший ступінь належності. В результаті цього помилки у гідравлічних розрахунках подано у вигляді таких нечітких множин

– помилки у гідравлічних розрахунках "грубі"

$$= \left\{ \frac{1}{1}; \frac{0,78}{2}; \frac{0,56}{3}; \frac{0,33}{4}; \frac{0,11}{5} \right\};$$

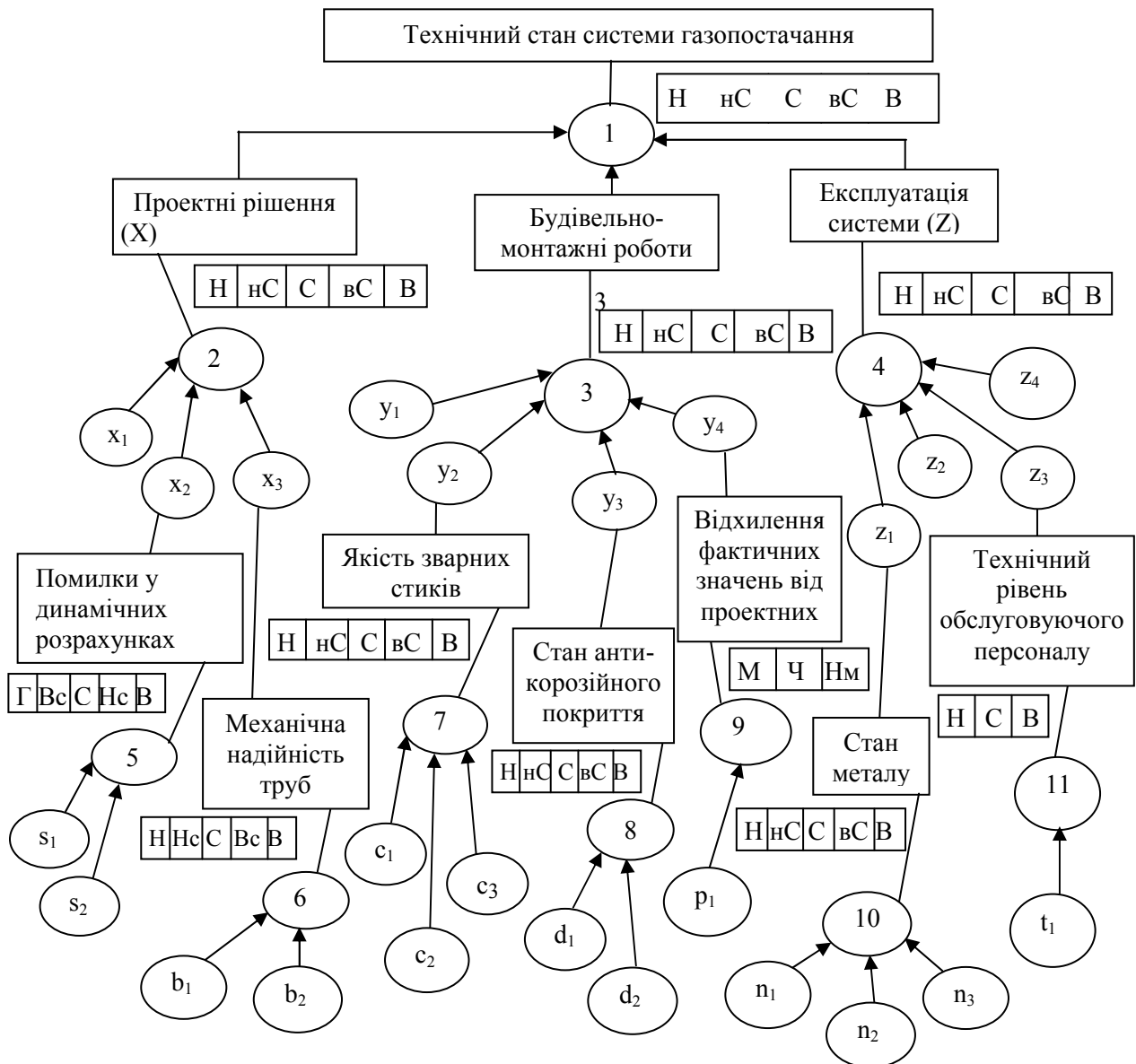


Рис. 2. Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на оцінку технічного стану системи газопостачання

- помилки у гідравлічних розрахунках "вище середніх"

$$= \left\{ \frac{0,78}{1}, \frac{1}{2}, \frac{0,51}{3}, \frac{0,25}{4}, \frac{0,13}{5} \right\};$$
- помилки у гідравлічних розрахунках "середні"

$$= \left\{ \frac{0,89}{1}, \frac{0,78}{2}, \frac{1}{3}, \frac{0,78}{4}, \frac{0,89}{5} \right\};$$
- помилки у гідравлічних розрахунках "нижче середніх"

$$= \left\{ \frac{0,25}{1}, \frac{0,5}{2}, \frac{0,75}{9}, \frac{1}{4}, \frac{0,125}{5} \right\};$$
- помилки у гідравлічних розрахунках "відсутні"

$$= \left\{ \frac{0,11}{1}, \frac{0,33}{2}, \frac{0,56}{3}, \frac{0,78}{4}, \frac{1}{5} \right\}.$$

Отримані нечіткі множини свідчать про те, що на оцінювання системи газопостачання впливають помилки у гідравлічних розрахунках за таким рейтингом: 1 бал - на першому місці за впливом; 2 бали - на другому; 3 бали - на третьому, 4 бали - на четвертому, 5 балів - на п'ятому. Нечіткі множини можна описати за допомогою функцій належності, які наведені на рис. 3.

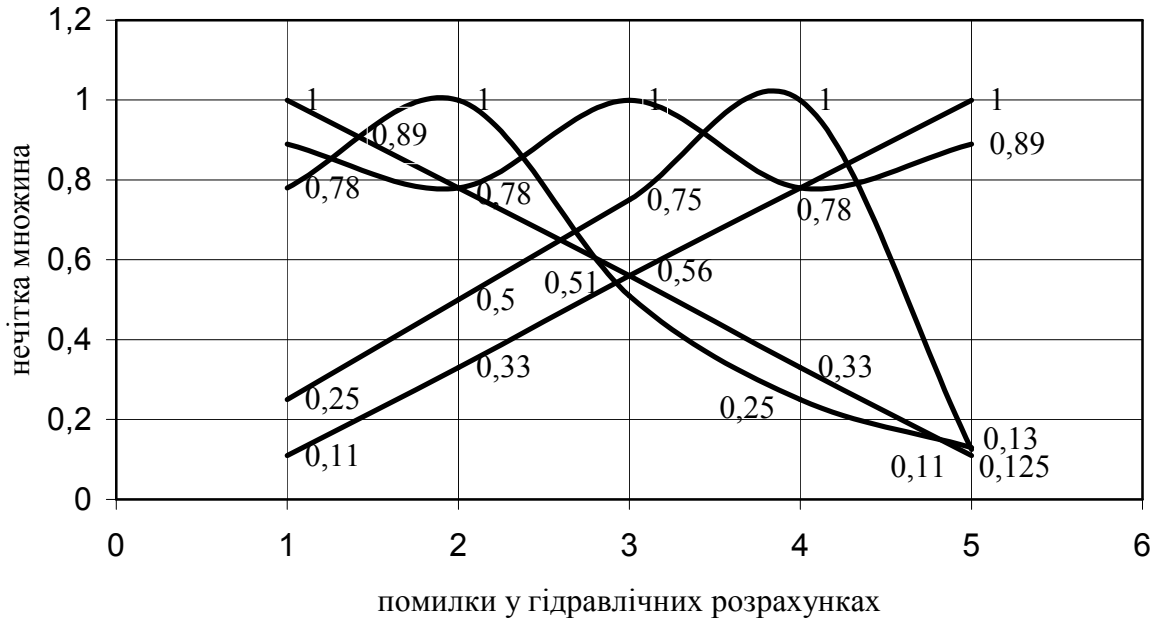


Рис. 3. Функції належності для ЛЗ “помилки у гідравлічних розрахунках”

Висновки

- Запропоновано ієрархічну класифікацію факторів, які впливають на технічний стан системи газопостачання. Такими основними факторами є науково-технічний рівень проектних рішень, якість будівельно-монтажних робіт та технічні умови експлуатації системи.
- Розробка комплексного інструменту з оцінювання і прогнозування технічного стану системи газопостачання можливе з використанням геоінформаційної системи, яка дозволяє оперативно враховувати зміну технічного стану газопроводів при прийнятті організаційно-технічних рішень, що виникають при появі збуджуючих факторів в системі.

Список літератури

1. Митюшкин Ю.И. Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний / Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. – Вінниця: Универсум-Вінниця, 2002. – 145с.
2. Ратушняк Г.С. Моделирование надёжности систем теплоснабжения на основе лингвистической информации / Ратушняк Г.С., Левицкий О.А., Ратушняк О.Г. // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2004. № 1. – С. 179-192.
3. ДБН В.2.5-20-2001 – Газопостачання. – Київ: Держбуд України, 2001. – 88 с.
4. Правила безпеки систем газопостачання України. – Держнаглядохоронпраця. – К., 1997р.
5. Ротштейн А.П., Штовба С.Д. Нечеткая надёжность алгоритмических процессов / Ротштейн А.П., Штовба С.Д. – Вінниця: Континент-ПРИМ, 1997. – 142с.

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., завідувач кафедри теплогазопостачання та вентиляції Вінницького національного технічного університету.

Ободянська Ольга Ігорівна – магістрант Вінницького національного технічного університету.