

### Франчук Юрій Йосипович

Асистент кафедри теплогазопостачання і вентиляції, [orcid.org/0000-0002-7910-8705](https://orcid.org/0000-0002-7910-8705)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

### Ободяньська Ольга Ігорівна

Кандидат технічних наук, старший викладач кафедри інженерних систем в будівництві,

[orcid.org/0000-0003-4464-3537](https://orcid.org/0000-0003-4464-3537)

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

### Предун Костянтин Миронович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри теплогазопостачання і вентиляції,

[orcid.org/0000-0002-2634-9310](https://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ОЦІНКА ЯКОСТІ ПРИРОДНОГО ГАЗУ ЯК ЕНЕРГОНОСІЯ НА ОСНОВІ ЛІНГВІСТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ

***Анотація.** Проаналізовано вимоги чинних в Україні нормативно-технічних документів щодо визначення показників якості природних газів. Виконано порівняння з аналогічними європейськими стандартами. Запропоновано методіку комплексного оцінювання якості природного газу, що базується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичної змінної. Визначено чинники, що характеризують кількісні та якісні параметри фізико-хімічних властивостей видобутого з родовища природного газу, якість підготовки (очищення) природного газу для транспортування та технічні умови експлуатації газорозподільних систем населеного пункту. Виконано їх формалізацію та ієрархічну класифікацію. За результатами аналізу ієрархічних сукупностей побудовано дерево логічного висновку. Для факторів впливу на якість природного газу універсальні множини вибрано відповідно до вимог чинних нормативно-технічних документів, гармонізованих з європейським законодавством. Обґрунтовано вибір найважливіших фізико-хімічних властивостей природного газу для його енергетичної оцінки.*

***Ключові слова:** природний газ; фізико-хімічні властивості; теплота згоряння; кваліметричні вимірювання; лінгвістична змінна; оціночний терм; функція належності*

### Вступ

Природний газ в Україні є основним органічним паливом. Його частина в первинному постачанні енергії становить майже 30%. Згідно з Енергетичною стратегією [1] домінуюча роль природного газу залишиться і надалі. Особливо це стосується потреб теплопостачання населених пунктів та задоволення господарсько-побутових потреб їх мешканців. В умовах підвищення цін на блакитне паливо щораз актуальнішими постають питання якості природного газу та його обліку споживачами, а відповідно і розрахунків за спожите паливо.

### Актуальність досліджень

Незважаючи на високу цінність природного газу для потреб економіки держави, в Україні практично відсутній системний підхід до оцінювання його якості. Якість газу – це ступінь відповідності показників природного газу встановленим вимогам, яка визначається його складом і фізичними властивостями. Вимоги щодо фізико-хімічних властивостей природного газу встановлені низкою нормативно-технічних документів [2 – 4], причому

вказані у них деякі характеристики (наприклад, вміст вуглекислого газу) вступають у протиріччя одне з одним.

За критерій оцінки якості газу беруть нижчу теплоту згоряння, визначену за стандартних умов (температура 200 °С і тиск 101,325 кПа). Зазвичай в Україні [5] вона перевищує мінімальне значення 31,8 МДж/м<sup>3</sup> [2]. Лише на підставі цього робиться висновок про відповідність фізико-хімічних властивостей природного газу вимогам нормативних документів. Однак перелік різномірних характеристик газу (вміст інгредієнтів, точка роси тощо) з граничними значеннями, які наведені, наприклад, в Кодексі [4], у порівнянні з аналогічними показниками газу, що використовується, не дають кінцевому споживачеві повної інформації про його якість, зокрема, про енергетичну цінність газу.

### Останні дослідження та публікації

Відповідно до Закону України «Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства» [6] наша держава приєдналась

до єдиного простору регулювання торгівлі газом та взяла на себе зобов'язання виконувати всі рішення та процедурні акти, прийняті під час застосування Договору. Тобто, кількість спожитого природного газу, що приймається-передається, повинна виражатись в одиницях енергії.

Варто зазначити, що інформація щодо фізико-хімічних властивостей газу, зокрема теплоти згоряння, в Україні вже доводиться до кінцевого споживача в тій, чи іншій формі – як власника вузла комерційного обліку, так і абонента житлового будинку. Наприклад, щомісяця по регіонах України публікується карта [5] із середньозваженими значеннями теплоти згоряння, що має різні значення залежно від: магістрального газопроводу, родовища газу, технологічного режиму його підготовки до транспортування або конкретної країни-експортера газу.

Із виконаного аналізу наукових досліджень [7 – 10], вимог чинних нормативно-технічних документів [11] впливає висновок, що визначенню якості природного газу приділяється значна увага, однак здебільшого йдеться про вдосконалення вимірювання окремих його параметрів без комплексного аналізу функціональних або кореляційних зв'язків між ними. Водночас, фізико-хімічні властивості газу, визначені у точках прийому-передачі, наприклад, на газорозподільних станціях (ГРС), можуть зазнавати змін при його транспортуванні газорозподільними мережами населеного пункту.

### Мета статті

Метою статті є розроблення методики комплексного оцінювання якості природного газу як енергоносія.

### Виклад основного матеріалу

З метою створення експертно-моделювальної системи для багатофакторного аналізу процесу накопичення факторів, що впливають на якість природного газу, використано математичний апарат, що базується на теорії нечіткої логіки та лінгвістичної змінної [1 – 3]. Цей метод як взаємозв'язана сукупність математичних моделей дає змогу застосовувати експертно-лінгвістичну інформацію для оцінки якості природного газу залежно від факторів, що її обумовлюють. Для встановлення ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на якість природного газу, виконано їх класифікацію (рис. 1).

Розглядаючи цей процес на системному рівні, лінгвістичну змінну  $A_{X,Y,Z}$ , що характеризує якість природного газу, можна представити у вигляді

співвідношення

$$A_{X,Y,Z} = f(X; Y; Z), \quad (1)$$

де  $X$  – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує фізико-хімічні властивості видобутого з родовища природного газу;  $Y$  – ЛЗ, що описує якість підготовки (очищення) природного газу для транспортування;  $Z$  – ЛЗ, що описує технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту.

Лінгвістична змінна, що описує фізико-хімічні властивості видобутого з родовища природного газу, може бути представлена виразом

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

де  $x_1$  – ЛЗ «вміст вуглеводнів у складі природного газу»;  $x_2$  – ЛЗ «вміст шкідливих компонентів у складі газу».

Лінгвістична змінна, що описує якість підготовки (очищення) природного газу для транспортування, може бути представлена виразом

$$Y = f_y(y_1; y_2; y_3; y_4; y_5; y_6; y_7; y_8; y_9), \quad (3)$$

де  $y_1$  – ЛЗ «очистка від сірководню ( $H_2S$ )»;  $y_2$  – ЛЗ «очистка від азоту ( $N_2$ )»;  $y_3$  – ЛЗ «очистка від вуглекислого газу ( $CO_2$ )»;  $y_4$  – ЛЗ «очистка від кисню ( $O_2$ )»;  $y_5$  – ЛЗ «очистка від механічних домішок»;  $y_6$  – ЛЗ «очистка від вологи»;  $y_7$  – ЛЗ «число Воббе»;  $y_8$  – ЛЗ «теплота згоряння»;  $y_9$  – ЛЗ «густина природного газу».

Лінгвістична змінна, що описує технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту, може бути представлена виразом

$$Z = f_z(z_1; z_2; z_3; z_4; z_5; z_6; z_7), \quad (4)$$

де  $z_1$  – ЛЗ «вміст сірководню ( $H_2S$ )»;  $z_2$  – ЛЗ «вміст азоту ( $N_2$ )»;  $z_3$  – ЛЗ «вміст вуглекислого газу ( $CO_2$ )»;  $z_4$  – ЛЗ «вміст кисню»;  $z_5$  – ЛЗ «вміст механічних домішок»;  $z_6$  – ЛЗ «вміст вологи»;  $z_7$  – ЛЗ «вміст меркаптанової сірки».

В рівняння (2) входять змінні  $x_1$ ,  $x_2$ , які в свою чергу залежать від інших факторів:

$$x_1 = f_{x_2}(s_1; s_2; s_3; s_4; s_5); \quad (5)$$

$$x_2 = f_{x_3}(b_1; b_2; b_3; b_4; b_5; b_6), \quad (6)$$

де  $s_1$  – ЛЗ «вміст метану ( $CH_4$ )»;  $s_2$  – ЛЗ «вміст етану ( $C_2H_6$ )»;  $s_3$  – ЛЗ «вміст пропану ( $C_3H_8$ )»;  $s_4$  – ЛЗ «вміст бутану ( $C_4H_{10}$ )»;  $s_5$  – ЛЗ «вміст пентану та інших вуглеводнів ( $C_5H_{12}$ )»;  $b_1$  – ЛЗ «вміст сірководню ( $H_2S$ )»;  $b_2$  – ЛЗ «вміст азоту ( $N_2$ )»;  $b_3$  – ЛЗ «вміст вуглекислого газу ( $CO_2$ )»;  $b_4$  – ЛЗ «вміст кисню ( $O_2$ )»;  $b_5$  – ЛЗ «вміст механічних

домішок»;  $b_6$  – ЛЗ «вміст вологи (за точкою роси вологи при тиску 3,92 МПа)».

За результатами аналізу ієрархічних сукупностей співвідношень (1) – (6) було побудовано

дерево логічного висновку (рис. 2), у вузлах якого позначено номери формул (1) – (6). Значення лінгвістичних змінних, які наведено у співвідношеннях (1) – (6), оцінюються за допомогою системи якісних термів, які наведено у таблиці.

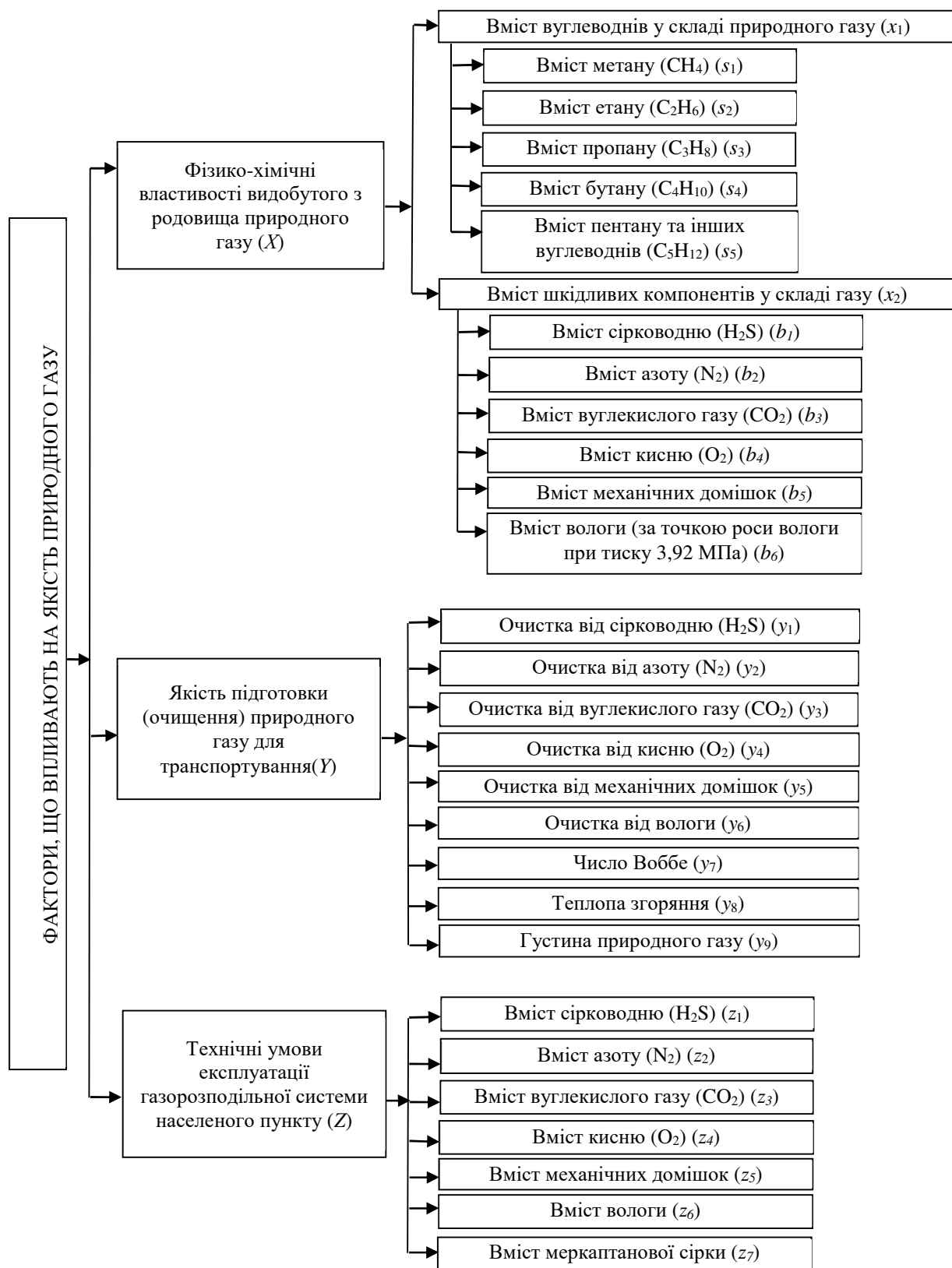


Рисунок 1 – Класифікація факторів, що впливають на якість природного газу

Значення лінгвістичної змінної «якість природного газу» представлено такими оціночними термами: Н – низька; нС – нижче середнього; С – середня; вС – вище середнього; В – висока. Кожний з цих термінів являє собою відповідну нечітку множину, яка є певною властивістю, що розглядається як лінгвістичний терм.

Побудоване за класифікованими факторами впливу на якість природного газу (рис. 1) дерево логічного висновку (рис. 2) представляє систему вкладених одне в одне висловлювань, тобто їх ієрархічний зв'язок. Прогнозований якості природного газу відповідає корінь дерева логічного висновку, а факторам, що впливають на його якість, висячі вершини.

Для факторів впливу на якість природного газу універсальні множини було вибрано відповідно до Кодексу газотранспортної системи та проекту Технічного регламенту природного газу [4; 15].

Джерелом інформації для побудови функцій належності нечітких оцінок впливу факторів на якість природного газу є експертні оцінки, які мають якісний та кількісний характер і доступні користувачам. Вони використовуються для розроблення експертно-моделювальної системи прийняття організаційно-технологічних рішень щодо оцінювання і прогнозування якості природного газу. Метод побудови функцій належності передбачає фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Фазифікація включає визначення нечітких термів для лінгвістичної оцінки факторів впливу, які задані на відповідних універсальних множинах [16; 17].

Нечіткою множиною, за допомогою якої формалізується терм  $\tilde{S}$ , є сукупність пар [12–14]:

$$\tilde{S} = \left\{ \frac{\mu_s(u_1)}{u_1}, \frac{\mu_s(u_2)}{u_2}, \dots, \frac{\mu_s(u_n)}{u_n} \right\}, \quad (7)$$

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  $\tilde{S}$ .

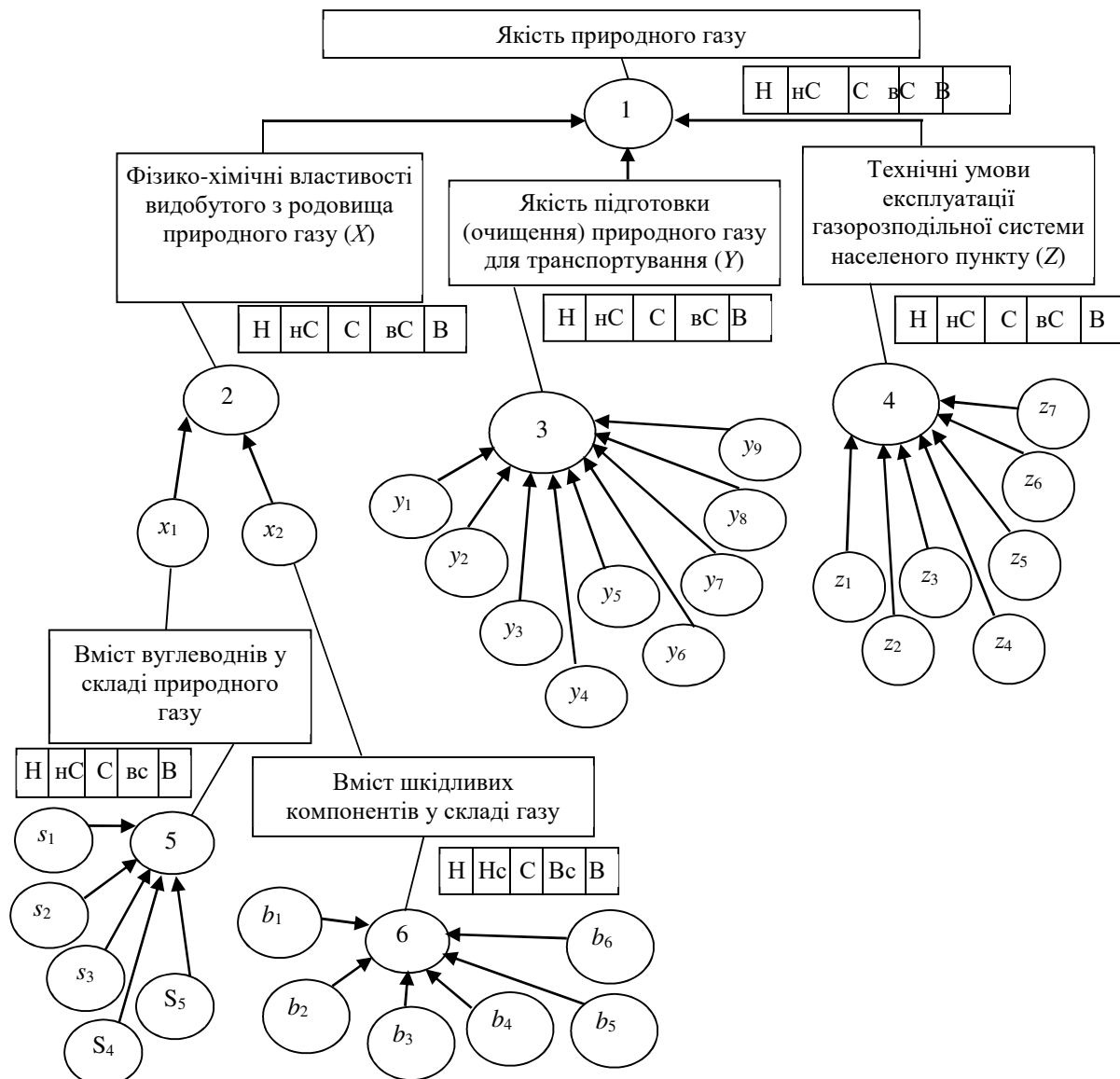


Рисунок 2 – Дерево логічного висновку ієрархічних зв'язків факторів, що впливають на якість природного газу

Таблиця – Матриці парних порівнянь та ступенів належності

Терми для оцінки	Матриця парних порівнянь					Ступені належності
Нижче середнього	1	9/7	5/7	3/7	1/7	$\mu(u_1) = 0,381$ $\mu(u_2) = 0,286$ $\mu(u_3) = 0,191$ $\mu(u_4) = 0,095$ $\mu(u_5) = 0,048$
	7/9	1	5/9	3/9	1/9	
	7/5	9/5	1	3/5	1/5	
	7/3	9/3	5/3	1	1/3	
	7	9	5	3	1	
Середній	1	5/3	7/3	5/3	1	$\mu(u_1) = 0,131$ $\mu(u_2) = 0,217$ $\mu(u_3) = 0,304$ $\mu(u_4) = 0,217$ $\mu(u_5) = 0,131$
	3/5	1	7/5	1	3/5	
	3/7	5/7	1	5/7	3/7	
	3/5	1	7/5	1	3/5	
	1	5/3	7/3	5/3	1	
Вище середнього	1	5/3	7/3	9/3	1/3	$\mu(u_1) = 0,12$ $\mu(u_2) = 0,12$ $\mu(u_3) = 0,28$ $\mu(u_4) = 0,36$ $\mu(u_5) = 0,04$
	3/5	1	7/5	9/5	1/5	
	3/7	5/7	1	9/7	1/7	
	3/9	5/9	7/9	1	1/9	
	3	5	7	9	1	
Високий	1	2	4	6	8	$\mu(u_1) = 0,048$ $\mu(u_2) = 0,095$ $\mu(u_3) = 0,191$ $\mu(u_4) = 0,286$ $\mu(u_5) = 0,381$
	1/2	1	4/2	6/2	8/2	
	1/4	2/4	1	6/4	8/4	
	1/6	2/6	4/6	1	8/6	
	1/8	2/8	4/8	6/8	1	

Сукупність значень  $\mu_s(u_i)$  для всіх  $i = \overline{1, n}$ , яку необхідно визначити, являє собою невідому функцію належності. Основа для розв'язання поставленої задачі базується на ідеї розподілу ступенів належності універсальної множини згідно з їх рангами. Рангами елемента  $u_i \in U$  передбачено число  $r_s(u_i)$ , яке характеризується значущістю цього елемента у створенні властивості, яка описується нечітким термом  $\tilde{S}$ . При цьому ступінь належності елемента тим більший, чим вищий його ранг.

Представлена методика побудови функції належності розглядається на прикладі фактора  $x_1$  – «вміст вуглеводнів у складі природного газу».

1. Фактор  $x_1$  – «вміст вуглеводнів у складі природного газу»:

$$U(x_1) = 83 \dots 98\%.$$

Для лінгвістичної оцінки фактора  $x_1$  використовується терм-множина:  $T(x_1) = \langle \text{низький (Н), нижче середнього (нС), середній (С), вище середнього (вС), високий (В)} \rangle$ .

Для відображення парних порівнянь різних величин вмісту вуглеводнів у складі природного газу з точки зору їх близькості до терму «низький» будуватиметься матриця, яка має вигляд

$$A_{\text{низький}}(x_1) = \begin{matrix} & \begin{matrix} u_1 & u_2 & u_3 & u_4 & u_5 \end{matrix} \\ \begin{matrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \\ u_4 \\ u_5 \end{matrix} & \begin{matrix} \begin{matrix} 1 & 6/8 & 4/8 & 2/8 & 1/8 \\ 8/6 & 1 & 4/6 & 2/6 & 1/6 \\ 8/4 & 6/4 & 1 & 2/4 & 1/4 \\ 8/2 & 6/2 & 4/2 & 1 & 1/2 \\ 8 & 6 & 4 & 2 & 1 \end{matrix} \end{matrix} \end{matrix} \quad (8)$$

З матриці  $A_{\text{низький}}(x_1)$  отримуємо ступені належності елементів  $u_1 \dots u_5$  до терму «низький»:

$$\mu_{\text{низький}}(u_1) = \frac{1}{1 + \frac{6}{8} + \frac{4}{8} + \frac{2}{8} + \frac{1}{8}} = 0,381;$$

$$\mu_{\text{низький}}(u_2) = \frac{1}{\frac{8}{6} + 1 + \frac{4}{6} + \frac{2}{6} + \frac{1}{6}} = 0,286;$$

$$\mu_{\text{низький}}(u_3) = \frac{1}{\frac{8}{4} + \frac{6}{4} + 1 + \frac{2}{4} + \frac{1}{4}} = 0,191;$$

$$\mu_{\text{низький}}(u_4) = \frac{1}{\frac{8}{2} + \frac{6}{2} + \frac{4}{2} + 1 + \frac{1}{2}} = 0,095;$$

$$\mu_{\text{низький}}(u_5) = \frac{1}{8 + 6 + 4 + 2 + 1} = 0,048.$$

Аналогічно визначаємо матриці парних порівнянь для термів «нижче середнього», «середній», «вище середнього», «високий» та відповідні ступені належності. Результати наведено в таблиці.

Функції належностей для всіх термів були отримані після розв'язання матриць парних порівнянь. Результати функцій належності, які були отримані, пронормовані на одиницю шляхом ділення на найбільший ступінь належності. В результаті цього вміст вуглеводнів у складі природного газу представлено у вигляді таких нечітких множин:

– вміст вуглеводнів у складі природного газу «низький»

$$\left\{ \frac{1}{83}, \frac{0,75}{87}, \frac{0,5}{91}, \frac{0,25}{94}, \frac{0,125}{98} \right\};$$

– вміст вуглеводнів у складі природного газу «нижче середнього»

$$\left\{ \frac{0,78}{83}, \frac{1}{87}, \frac{0,72}{91}, \frac{0,34}{94}, \frac{0,11}{98} \right\};$$

– вміст вуглеводнів у складі природного газу «середній»

$$\left\{ \frac{0,43}{83}, \frac{0,72}{87}, \frac{1}{91}, \frac{0,72}{94}, \frac{0,43}{98} \right\};$$

– вміст вуглеводнів у складі природного газу «вище середнього»

$$\left\{ \frac{0,34}{83}, \frac{0,56}{87}, \frac{0,78}{91}, \frac{1}{94}, \frac{0,11}{98} \right\};$$

– вміст вуглеводнів у складі природного газу «високий»

$$\left\{ \frac{0,125}{83}, \frac{0,25}{87}, \frac{0,5}{91}, \frac{0,75}{94}, \frac{1}{98} \right\}.$$

Визначені нечіткі множини свідчать про те, що вміст вуглеводнів у складі природного газу впливає на оцінювання і прогнозування якості природного газу за таким рейтингом: оцінені у 83% (низький) – на першому місці по впливу; в 87% (нижче середнього) – на другому; в 91% (середній) – на третьому; в 94% (вище середнього) – на четвертому; 98% (високий) – на п'ятому.

Нечіткі множини можна описати за допомогою функцій належності, які наведено на рис. 3.

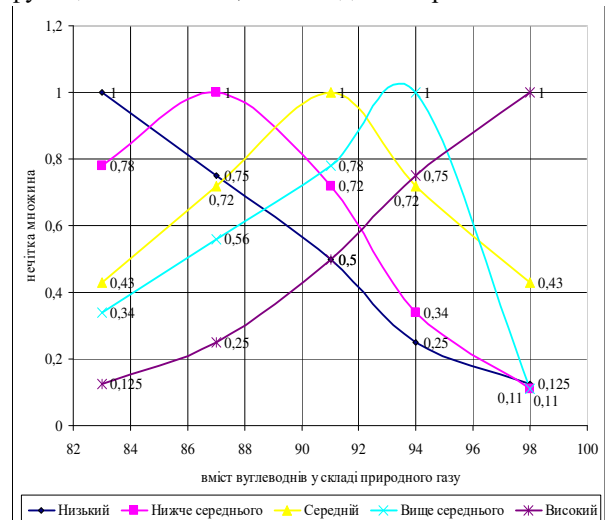


Рисунок 3 – Функції належності для ЛЗ «вміст вуглеводнів у складі природного газу»

## Висновки

Визначено чинники, що характеризують кількісні та якісні параметри фізико-хімічних властивостей видобутого з родовища природного газу, якості підготовки (очищення) природного газу для транспортування та технічних умов експлуатації газорозподільних систем населеного пункту, які впливають на якість природного газу та виконано їх формалізацію та ієрархічну класифікацію.

Запропонована ієрархічна класифікація факторів, що впливають на якість природного газу дає змогу побудувати функції належності оцінок класифікованих чинників за допомогою лінгвістичних змінних. Функції належності оцінок впливу факторів на якість природного газу є основою для моделювання експертної системи підтримки прийняття управлінських рішень в процесі оцінки та прогнозування якості природного газу.

## Список літератури

1. *Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність».* Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу:
2. *ГОСТ 5542-87. Газы горючие природные для промышленного и коммунально-бытового назначения. Технические условия.* – М.: Изд.-во стандартов, 1987. – 2 с.
3. *ДБН В.2.5-20-2001. Инженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Газопостачання.* – К.: Держбуд України, 2001. – 286 с.
4. *Кодекс газотранспортної системи.* – Затвердж. Постановою НКРЕКП №2493 від 30.09.2015. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15>
5. *Якість газу.* [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://utg.ua/utg/business\\_info/yakist-gazu.html](http://utg.ua/utg/business_info/yakist-gazu.html)
6. *Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства: закон України: станом 1.01.2019 р. – № 2787-VI (2787-17) від 15.12.2010.* – К.: ВВР, 2011, №24, ст.170.
7. *Гордієнко А.І. До питання переходу на облік природного газу як енергоносія / А.І.Гордієнко, І.Г.Богомолець, М.В. Чуб // Нафтова і газова промисловість – 2001. – №3. – С. 42-43.*
8. *Капцова Н.І. Підвищення ефективності експлуатації та ремонту міських газопроводів: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.23.03 / Капцова Н.І.; Міністерство освіти і науки України, Харківський національний університет будівництва і архітектури.* – Харків, 2018. – 20 с.

9. Козій В.М. Якість газу родовищ України / В.М.Козій, А.І.Лур'є, І.А.Рубанова // Питання розвитку газової промисловості України: збірн. наук. праць УкрНДІгаз. – Вип. 28. – 2000. – С. 66-68.
10. Мотало А.В. Аналіз основних проблем методології оцінювання якості вуглеводневих газів / А.В. Мотало, Б.І. Стадник, В.П. Мотало // Науковий вісник НЛТУ України: збірн. наук.-техн. праць. 2. Екологія та довкілля. – 2015. – Вип. 25.10. – С. 178-183.
11. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 29 с.
12. Митюшкин Ю. И. *Soft Computing: идентификация закономерностей нечеткими базами знаний* / Ю.И. Митюшкин, Б.И. Мокин, А.П. Ротштейн. – Винница : УНИВЕРСУМ–Винница, 2002. – 145 с.
13. Ротштейн А. П. *Нечеткая надежность алгоритмических процессов* / А. Ротштейн, С. Штовба. – Винница : Континент – ПРИМ, 1997. – 142 с.
14. Nikola K. Kasabov. *Foundations of neural networks, fuzzy systems, and knowledge engineering* / Nikola K. Kasabov. – : A Bradford Book, The MIT Press, 1998 – 538 p. – ISBN 0-262-11212-4.
15. Проект Постанова КМУ «Про затвердження Технічного регламенту природного газу». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art\\_id=245366216&cat\\_id=167475](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/publish/article?art_id=245366216&cat_id=167475)
16. Ратушняк Г.С. *Управління змістом проектів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія* / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с.
17. Ратушняк Г. С. *Модельовання надійності систем газопостачання на основі лінгвістичної інформації* / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська // *Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві*. – 2009. – № 6. – С. 97–103.

Стаття надійшла до редколегії 20.03.2019

**Франчук Юрий Иосифович**

Ассистент кафедри теплогасоснабження и вентиляции, [orcid.org/0000-0002-7910-8705](http://orcid.org/0000-0002-7910-8705)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**Ободянская Ольга Игоревна**

Кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерных систем в строительстве,

[orcid.org/0000-0003-4464-3537](http://orcid.org/0000-0003-4464-3537)

Винницкий национальный технический университет, Винница

**Предун Константин Миронович**

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры теплогасоснабжения и вентиляции, [orcid.org/0000-0002-2634-9310](http://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРИРОДНОГО ГАЗА КАК ЭНЕРГОНОСИТЕЛЯ  
НА ОСНОВЕ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Аннотация.** Проанализированы требования действующих в Украине нормативно-технических документов по определению показателей качества природных газов. Выполнено сравнение с аналогичными европейскими стандартами. Предложена методика комплексной оценки качества природного газа, основанная на теории нечеткой логики и лингвистической переменной. Установлены факторы, характеризующие количественные и качественные параметры физико-химических свойств добываемого с месторождения природного газа, качество его подготовки (очистки) для транспортировки и технические условия эксплуатации газораспределительных систем населенного пункта. Выполнены их формализация и иерархическая классификация. По результатам анализа иерархических совокупностей построено дерево логического вывода. Для факторов влияния на качество природного газа универсальные множества выбрано в соответствии с требованиями действующих нормативно-технических документов, гармонизированных с европейским законодательством. Обоснован выбор важнейших физико-химических свойств природного газа для его энергетической оценки.

**Ключевые слова:** природный газ; физико-химические свойства; теплота сгорания; кваліметрические измерения; лингвистическая переменная; оценочный терм; функция принадлежности

**Franchuk Yuriy**

Assistant to the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation, [orcid.org/0000-0002-7910-8705](http://orcid.org/0000-0002-7910-8705)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

**Obodyanskaya Olga**

PhD (Eng.), Senior Lecturer of the Department of Engineering Systems in Construction,

[orcid.org/0000-0003-4464-3537](http://orcid.org/0000-0003-4464-3537)

Vinnitsya National Technical University, Vinnitsya

**Predun Konstantin**

PhD (eng.), associate professor, assistant professor of the department of heat and gas supply and ventilation,

[orcid.org/0000-0002-2634-9310](http://orcid.org/0000-0002-2634-9310)

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

## ESTIMATION OF QUALITY OF NATURAL GAS AS ENERGY ON THE BASIS OF LINGUISTIC INFORMATION

**Abstract.** The requirements of the normative and technical documents in force in Ukraine concerning determination of natural gas quality indicators are analyzed. Comparison with similar European standards has been performed. The method of complex estimation of natural gas quality based on the theory of fuzzy logic and linguistic variable is proposed. The factors that characterize quantitative and qualitative parameters of physical and chemical properties of the extracted from the natural gas deposit, the quality of preparation (purification) of natural gas for transportation and technical conditions of exploitation of gas distribution systems of the settlement are established. Their formalization and hierarchical classification have been fulfilled. According to the results of hierarchical totality analysis, a logical conclusion tree was constructed. For factors influencing the quality of natural gas, universal sets are selected in accordance with the requirements of current normative and technical documents harmonized with European legislation. The choice of the most important physical and chemical properties of natural gas for its energy assessment is substantiated.

**Keywords:** natural gas; physical and chemical properties; heat of combustion; quali-metric measurements; linguistic variable; estimated term; membership function

## References

1. Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC. – [Electronic resource]. – Access to the resource: <http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/en/TXT/?uri=celex%3A32012L0027>
2. Law of Ukraine "On energy efficiency of buildings". – 2118-VII. – Kyiv : IVR, 2017, No.3, p.5, article 359.
3. Law of Ukraine "On the Protection of the Environment". – [Electronic resource]. – Access to the resource: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>
4. Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035 "Safety, Energy Efficiency, and Competitiveness" – Approved by the order of the CMU dated August 18, 2017, No. 605-p. [Electronic resource]. – Resource access mode: [http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art\\_id=245234085](http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245234085)
5. DBN B.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings. – Kyiv: Minregion of Ukraine, 2017. – Effective from 01.05.2017. – 30 p.
6. DSTU B A.2.2-12:2015. Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply. – Kyiv: Minregion of Ukraine, 2015. – Effective from 01.01.2016. – 145 p.
7. DBN B.2.5-67:2013. Heating, ventilation and air conditioning. – K.: Minregion Ukraine, 2013. – Effective from 01.01.2014. – 141 p.
8. Predun, K.M. (2001). The use of heat-resistant properties of fencing of buildings and structure storeduce the power of a heat-generating installation. Construction materials, products and sanitary equipment, 16, 90 – 92.
9. Liubarets, O., Moskvitina, A. (2016). The Choice of Shape and Volume Calculation of Seasonal Heat Accumulator. Ventilation, Illumination and Heat ang Gas Supply: Scientific-Technical State Collection. K.: KNUCA, 20, 24 – 38.
10. Skanavi, A.N. (2002). Heating. Textbook for students of high school students studying in the direction of "Construction", specialty 290700 "Heat supply and ventilation". M.: ASV, 576.
11. Heating. Equipment and Technologies. (2006). Moscow: Stroyinform, 696.
12. Redondy, Giacomino. (2000). New life of radiators. AVOK, 1. Electronic source. Access mode: [https://www.abok.ru/for\\_spec/articles.php?nid=84i](https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=84i)
13. DSTU B EN 15251: 2011. Calculated parameters of microclimate of premises for designing and estimating of power characteristics in relation to air quality, heat comfort and acoustics. – Kyiv: Minregion of Ukraine, 2012. – Existing from 1.01.2013. – 40 p.
14. Zakharenko-Berezianskaya, Yulia. (2006). Ukrainian market of radiators. Overview. S.O.K., 7. Electronic source. Kyiv, Access mode: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/463/>
15. Berezianskaya, Julia. (2007). Radiators in every house. S.O.K., 8. Electronic source. Kyiv, Access mode: <http://www.c-o-k.com.ua/content/view/1123/>
16. Mikheev, M.A., Mikheeva, I.M. (1977). Basics of heat transfer. M.: Energy, 344. [https://kyivenergo.ua/ru/tecompany/teplova\\_energiya](https://kyivenergo.ua/ru/tecompany/teplova_energiya)

## Посилання на публікацію

- APA Franchuk, Yuriy, Obodyanskaya, Olga, & Predun, Konstantin, (2019). Assessment of the quality of natural gas as an energy carrier on the basis of linguistic information. Management of Development of Complex Systems, 38, 143 – 150, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9788615](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788615).
- ДСТУ Франчук Ю.Й. Оцінка якості природного газу як енергоносія на основі лінгвістичної інформації [Текст] / Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська, К.М. Предун // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 38. – С. 143 – 150, [dx.doi.org\10.6084/m9.figshare.9788615](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788615).