

DOI: 10.32347/2076-815x.2021.76.235-249

УДК 533.1:620.93:658.56

д.е.н., доцент **Предун К.М.**,  
31172@ukr.net, ORCID: 0000-0002-2634-9310,  
асист. **Франчук Ю.Й.**,  
franchuk196405@gmail.com, ORCID: 0000-0002-7910-8705,  
Київський національний університет будівництва і архітектури,  
к.т.н., доцент **Ободянська О.І.**,  
olha.obodyanska@i.ua, ORCID: 0000-0003-4464-3537  
Вінницький національний технічний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРИРОДНОГО ГАЗУ З ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЙ НАЛЕЖНОСТІ ЛІНГВІСТИЧНИХ ЗМІННИХ МЕТОДОМ ПАРЕТО

*Природний газ у відповідності з положеннями Енергетичної стратегії України на період до 2035 р. попри суттєвий розвиток «зеленої» енергетики залишається основним енергоносієм у державі. У зв'язку з долученням до єдиного Європейського простору регулювання торгівлі природним газом в країні всі розрахунки за спожите паливо слід виконувати в одиницях енергії. Таким чином, визначальними постають питання щодо якості природного газу. Однією з особливостей системи газопостачання є значна ступінь невизначеності зміни великої кількості збурюючих факторів впливу і постійно мінливих параметрів її функціонування. З поміж інших для оцінки якості вибрана математична модель, заснована на теорії нечіткої логіки. За результатами розгляду факторів, що характеризують фізико-хімічні властивості видобутого з родовища природного газу, якість його підготовки до транспортування та технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту, отримано нечітку множину для визначення якості палива. Одним із методів аналізу в складних й багатозв'язкових системах є метод Парето, який полягає в класифікації проблем на нечисленні, але суттєво важливі, і численні, але несуттєві. Отримана стовпцева діаграма Парето наочно ілюструє кількість факторів впливу на якість природного газу. Найбільш впливовими факторами на якість природного газу та на погіршення умов газоспоживання є теплота згоряння вища при стандартних умовах та вологовміст палива. В зв'язку з цим при організаційно-технологічному забезпеченні споживання природного газу на високому рівні вони підлягають розгляду в першу чергу.*

*Ключові слова: природний газ; фізико-хімічні властивості; якість; математична модель; лінгвістична змінна; нечітка логіка; функція належності; фактор впливу; діаграма Парето.*

**Постановка проблеми.** Природний газ в Україні у паливно-енергетичному балансі займає чільне місце. Його частка у 2018 р. становила приблизно 30% [1]. Більше половини природного газу спожито у житлово-комунальному господарстві. Згідно з Енергетичною стратегією на період до 2035 р. [2] у первинному використанні енергії природному газу належатиме майже третина. Це є найвищим показником серед усіх інших енергоносіїв, палив та джерел енергії.

З підписанням Угоди про асоціацію з Європейським Союзом [3] наша держава прийняла на себе зобов'язання імплементувати вимоги чинних нормативно-правових актів у власне законодавство. Певна частина стосується і ринку природного газу [4-6]. Наприклад, вимірювання кількості спожитого природного газу кінцевим споживачем в одиницях енергії, а не у метричних [7].

Загалом системи газопостачання в Україні структурно і технічно склались у 70...80-х роках минулого століття. Їх рівень загалом відповідав, а інколи і перевищував тогочасний європейський. Наразі технологічні структури видобутку, транспортування та розподілу і споживання залишилися практично незмінними з тих часів. А облік природного газу кінцевими споживачами з достовірною точністю відсутній і сьогодні. Окрім того, соціальна спрямованість державної політики України, популізм у недалекому минулому стосовно тарифної політики спричинили неефективне використання природного газу при експлуатації інженерних систем будівель і споруд різного призначення.

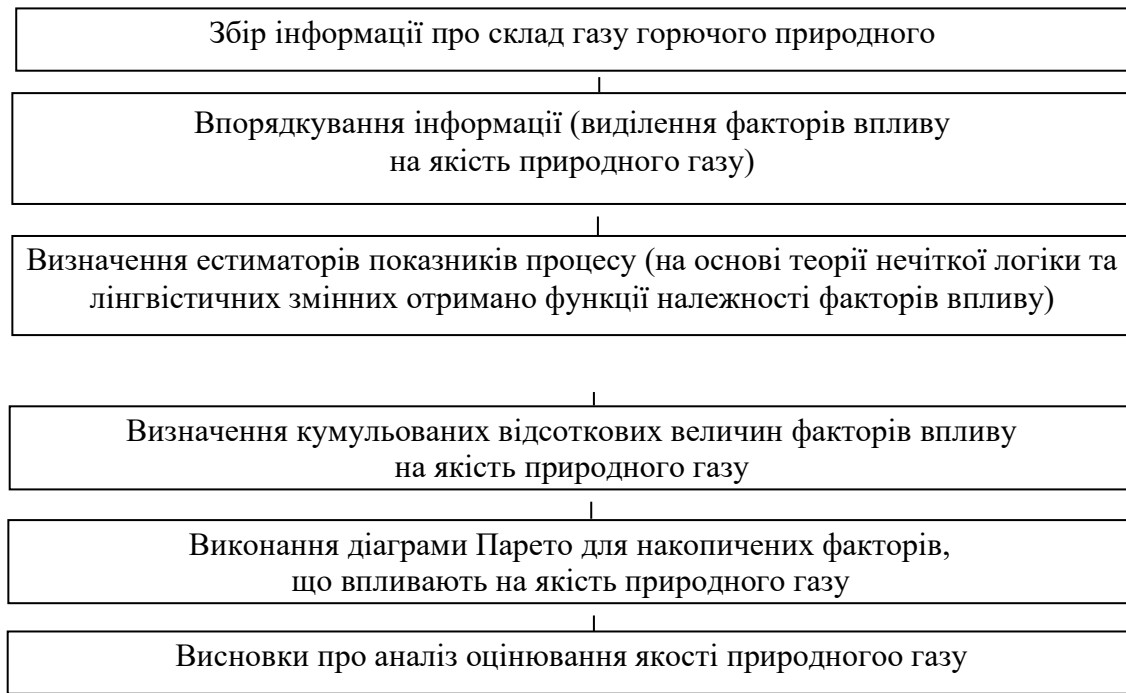
**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Варто зазначити, що інформація щодо фізико-хімічних властивостей газу, зокрема, теплоти згоряння, в Україні вже доводиться до кінцевого споживача в тій, чи іншій формі – як власника вузла комерційного обліку, так і абонента житлового будинку. Наприклад, щомісяця по регіонах України публікується карта [8] із середньозваженими значеннями теплоти згоряння, що має різні значення в залежності від: магістрального газопроводу, родовища газу, технологічного режиму його підготовки до транспортування або конкретної країни-експортера газу.

Із виконаного аналізу наукових досліджень [9-12], вимог чинних нормативно-технічних документів [6] випливає 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. В той же час, фізико-хімічні властивості газу, визначені у точках прийому-передачі, наприклад, на газорозподільних станціях (ГРС), зазнають змін при його транспортуванні газовими мережами населеного пункту. Виконані Н.Капцовою [13] дослідження забруднень, відібраних з сепараторів установок комплексної підготовки газу (УКПГ) Шебелинського родовища, показали, що газ із газопроводу Шебелинка-Харків, який надходить у розподільні мережі м. Харкова та населених пунктів Харківської області, містить вуглеводного конденсату 30-50 %, пластової води 40-70 %, механічних домішок 5-15 %, мінеральних солей 3-6 %, продуктів корозії 0,5-1,2 %.

В роботі [14] розглянуто ієрархічну класифікацію факторів, які впливають на якість природного газу та наведено лінгвістичні змінні, що описують якість природного газу на системному рівні. Представлено оціночні терми відповідно до експертної оцінки для кожної з лінгвістичних змінних і виконано фазифікацію нечітких оцінок факторів впливу. Якість природного газу знаходиться під впливом ряду збудуючих кількісних та якісних чинників зовнішнього і внутрішнього характеру. Теорія нечітких множин і основана на ній логіка дозволяють описувати неточні категорії, уявлення і знання, оперувати ними і робити відповідні висновки. Наявність таких можливостей для формування моделей різноманітних об'єктів, процесів і явищ на якісному рівні визначає інтерес до організації інтелектуального управління на основі використання методів нечіткої логіки [15-17]. Однією із особливостей якості природного газу є великий ступінь невизначеності зміни великої кількості збудуючих факторів впливу і постійно мінливими параметрами функціонування системи газопостачання.

**Формулювання цілей.** Методи управління якістю загалом характеризуються плановим, повторювальним і науково-обґрунтованим способами реалізації певних завдань. Одним із методів аналізу в складних й багатозв'язкових системах є метод Парето, який полягає в класифікації проблем на нечисленні, але суттєво важливі, і численні, але несуттєві [18]. Він дозволяє розподілити зусилля експерта проекту з оцінювання і прогнозування якості та встановити основні фактори, з яких необхідно починати діяти з метою запобігання проблем, що виникають під час функціонування складних багатофакторних систем. Етапи застосування методу Парето до аналізу управління якістю природного газу наведено на рис. 1.



**Рис. 1.** Етапи аналізу оцінювання якості природного газу за допомогою методу Парето

**Актуальність і новизна.** Аналіз управління якістю природного газу на основі методу Парето дозволяє вибирати оптимальні проекти з оцінки якості природного газу, які підвищать якість газоспоживання за рахунок виділення актуальних негативних чинників. Таким чином збільшиться ефективність оцінки і прогнозування якості природного газу, що буде гарантувати високий рівень газоспоживання. Метод ґрунтується на використанні діаграма Парето – інструмента, що дозволяє виявити і відобразити проблеми, встановити основні фактори, з яких потрібно починати діяти, і розподілити зусилля з метою ефективного вирішення цих проблем. За правилом Парето, у технічних системах 20-30 % причин (факторів) відповідають приблизно за 70-80 % наслідків [15].

Аналіз управління якістю природного газу за допомогою методу Парето дозволяє визначити пріоритетності факторів впливу на неї, щоб першочергово ліквідувати найвпливовіші фактори, відкладаючи у часі менш впливові.

**Мета роботи** полягає в розробленні методу з управління якістю природного газу з використанням функцій належності лінгвістичних змінних за допомогою методу Парето.

**Результати та їх обґрунтування.** При побудові діаграми Парето використано класифікацію параметрів, що виникають, – факторів впливу на якість природного газу за окремими чинниками [14]. Такими основними групами факторів є: фізико-хімічні властивості видобутого з родовища

природного газу ( $x_1$  – вміст вуглеводнів у складі природного газу,  $x_2$  – вміст шкідливих компонентів у складі газу), якість підготовки (очищення) природного газу для транспортування ( $y_1$  – очистка від сірководню ( $H_2S$ ),  $y_2$  – очистка від азоту ( $N_2$ ),  $y_3$  – очистка від вуглекислого газу ( $CO_2$ ),  $y_4$  – очистка від кисню ( $O_2$ ),  $y_5$  – очистка від механічних домішок,  $y_6$  – очистка від вологи,  $y_7$  – число Воббе вище (стандартні умови),  $y_8$  – теплота згоряння вища (стандартні умови),  $y_9$  – відносна густина природного газу) та технічні умови експлуатації газорозподільної системи населеного пункту ( $z_1$  – вміст сірководню ( $H_2S$ ),  $z_2$  – вміст азоту ( $N_2$ ),  $z_3$  – вміст вуглекислого газу ( $CO_2$ ),  $z_4$  – вміст кисню ( $O_2$ ),  $z_5$  – вміст механічних домішок,  $z_6$  – вміст вологи,  $z_7$  – вміст меркаптанової сірки) [19, 20]. Оцінка значень лінгвістичних змінних, якими є фактори впливу на якість природного газу, проводилась за допомогою системи якісних термів: Н – низька; нС – нижче середнього; С – середня; вС – вище середнього; В – висока. Кожний з цих термів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм. Після виконання збору та аналізу інформації по кожному фактору впливу для проведення порівняння між ними з'ясовують, які з них є такими, що переважають у створенні проблем. Для порівняльного аналізу використано функції належності лінгвістичних змінних факторів впливу на якість природного газу, які отримані методом знаходження «центра ваги» плоскої фігури під час перетворення нечіткої лінгвістичної інформації в чітку форму на основі теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних [16]. Для визначення функцій належності факторів впливу на якість природного газу як лінгвістичних змінних були використані дані експертних оцінок. Усі зібрані дані факторів впливу на якість природного газу наведено в табл. 1, в порядку зменшення їх значень – функцій належності [16].

Таблиця 1

**Фактори впливу для аналізу оцінювання якості природного газу  
та їх накопичені значення**

№ п/ п	Фактор впливу	Функція належності фактора впливу	Нако- пичена сума	Накопи- чений відсоток , %
1	2	3	4	5
1	Теплота згоряння вища (стандартні умови) ( $y_8$ )	0,835	0,835	9,6
2	Вміст вологи ( $z_6$ )	0,78	1,615	18,5
3	Число Воббе вище (стандартні умови) ( $y_7$ )	0,78	2,395	27,5
4	Вміст вуглеводнів у складі природного газу ( $x_1$ )	0,723	3,118	35,8

Продовж. табл. 1

1	2	3	4	5
5	Вміст шкідливих компонентів у складі газу ( $x_2$ )	0,67	3,788	43,5
6	Очистка від вологи ( $y_6$ )	0,665	4,453	51,1
7	Відносна густина природного газу ( $y_9$ )	0,6	5,053	58
8	Вміст кисню ( $O_2$ ) ( $z_4$ )	0,57	5,623	64,5
9	Вміст вуглекислого газу ( $CO_2$ ) ( $z_3$ )	0,553	6,176	70,9
10	Вміст азоту ( $N_2$ ) ( $z_2$ )	0,51	6,686	76,7
11	Вміст сірководню ( $H_2S$ ) ( $z_1$ )	0,41	7,096	81,4
12	Вміст меркаптанової сірки ( $z_7$ )	0,334	7,43	85,2
13	Очистка від вуглекислого газу ( $CO_2$ ) ( $y_3$ )	0,292	7,722	88,6
14	Очистка від сірководню ( $H_2S$ ) ( $y_1$ )	0,286	8,008	91,9
15	Очистка від азоту ( $N_2$ ) ( $y_2$ )	0,235	8,243	94,6
16	Очистка від кисню ( $O_2$ ) ( $y_4$ )	0,167	8,41	96,5
17	Очистка від механічних домішок ( $y_5$ )	0,167	8,577	98,4
18	Вміст механічних домішок ( $z_5$ )	0,14	8,717	100
	Всього	8,717		

В табл. 1 також наведено дані накопиченої суми функцій належності та накопиченого відсотка факторів впливу на якість природного газу. Стовпцева діаграма Парето (рис. 2), яка наочно ілюструє кількість факторів впливу на якість природного газу, побудована за даними табл. 1.

Побудована діаграма дає можливість визначити ключові області і допомагає встановити пріоритети серед факторів впливу на якість природного газу, що одразу не видно з табл. 1. За даними накопичених факторів впливу побудовано кумулятивну криву (див. рис. 2). Для побудови графіка накреслено три основних осі (див. рис. 2). Горизонтальна вісь – для самих факторів впливу, вертикальна вісь ліворуч призначена для значень функцій належності факторів впливу, а вертикальна вісь справа – для позначення відсотків, що характеризують частину в загальній сумі накопичених значень. Вертикальну вісь використовують для забезпечення інтерпретації діаграми за допомогою відсоткових співвідношень. За правилом Парето, у технічних системах 20 % факторів відповідають за 80 % наслідків [17, 21], тому проведено пунктирну пряму від 80 % процентної осі на лінію накопичених значень функцій належності для визначення факторів, які є найбільше впливовими на якість природного газу. Діаграма побудована за даними табл. 1 показана на рис. 2.

Аналіз діаграми свідчить, що перші десять факторів:  $y_8$  – теплота згоряння вища (стандартні умови),  $z_6$  – вміст вологи,  $y_7$  – число Воббе вище (стандартні умови),  $x_1$  – вміст вуглеводнів у складі природного газу,  $x_2$  – вміст шкідливих компонентів у складі газу,  $y_6$  – очистка від вологи,  $y_9$  – відносна густина природного газу,  $z_4$  – вміст кисню ( $O_2$ ),  $z_3$  – вміст вуглекислого газу ( $CO_2$ ),  $z_2$  –

вміст азоту ( $N_2$ ) (число яких відповідає 55 % первинного списку з 18 категорій випадків (див. табл. 1) виникли приблизно в 77 % випадках). Діаграма Парето в цьому випадку показує ключові області і допомагає встановити пріоритети серед факторів впливу на якість природного газу. Крім того, графік (див. рис. 2) уможлиблює ієрархізацію факторів впливу на якість природного газу, тобто показує, який з факторів впливу більше за інші впливає на якість природного газу.

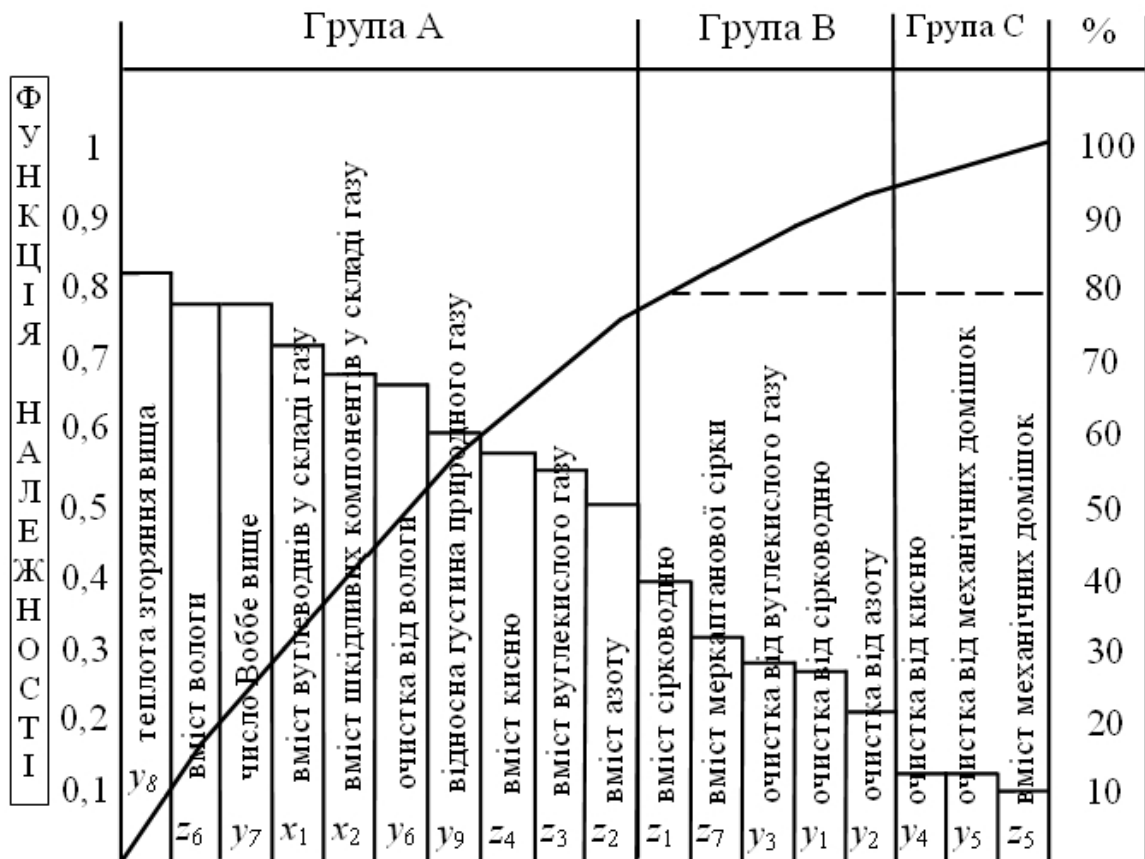


Рис. 2. Діаграма Парето накопичених факторів, що характеризують якість природного газу

Концепція Парето полягає у поділі поля під діаграмою на три зони (групи А, В та С). На підставі цього використано метод АВС-аналізу в процесі управління проектом з оцінки якості газу, в основі якого лежить правило Парето (принцип 80/20) [21]. Його розглядають як інформаційну основу, що дозволяє прийняти управлінські рішення, які потребують максимально точного визначення якості природного газу з подальшою можливістю прогнозування його складу [8, 19, 20]. Результати аналізу діаграми Парето дозволяють виділити групи факторів за їх суттєвістю, тобто в залежності від рівня впливу фактора на якість природного газу. Таким чином, якість природного газу зростає, оскільки буде

відомо, які профілактичні заходи необхідно провести для покращення газоспоживання.

Група А (фактори: теплота згоряння вища (стандартні умови), вміст вологи, число Воббе (стандартні умови), вміст вуглеводнів у складі природного газу, вміст шкідливих компонентів у складі газу, очистка від вологи, відносна густина природного газу, вміст кисню, вміст вуглекислого газу, вміст азоту) – найважливіші, суттєві фактори. Відносний відсоток групи А в загальній кількості факторів зазвичай від 60 до 80 %, в нашому випадку це 76,7 %. Відповідно, ліквідація причин групи А має найбільший пріоритет, а пов'язані з нею дії – найбільшу ефективність. Нехтування одним з факторів впливу на якість природного газу, що входить в групу А, може призвести до погіршення складу транспортованого газу горючого природного до споживача, що істотно впливає на газоспоживання. Тому в першу чергу необхідно вжити профілактичні заходи у поєднанні із засобами, що стосуються факторів з групи А, які запобігатимуть або суттєво обмежуватимуть погіршення якості природного газу.

Група В (фактори: вміст сірководню, вміст меркаптанової сірки, очистка від вуглекислого газу, очистка від сірководню, очистка від азоту) – фактори впливу, які мають в сумі не більше 20 %, в нашому випадку це 17,9 %. Як наслідок можуть виникнути проблеми з газоспоживанням меншого рівня важливості, імовірність яких потрібно обмежувати в другу чергу.

Група С (фактори: очистка від кисню, очистка від механічних домішок, вміст механічних домішок) – найменш значимі фактори впливу. Покращення якості природного газу несе незначний характер, стосовно якого застосування коригувальних заходів є необґрунтованим з економічних причин і стихійного характеру, оскільки виникнення таких змін складу газу горючого природного «вписане» в функціонування системи, а наслідки негативного впливу мають обмежений діапазон.

З діаграми Парето накопичених факторів, що впливають на якість природного газу, видно, що найбільш впливовим є теплота згоряння вища при стандартних умовах. Водночас теплота спалювання визначається в першу чергу кількісним і якісним складом суміші вуглеводнів (яка практично залишається незмінною протягом часу експлуатації родовища) та інших інгредієнтів (у першу чергу негорючих, максимально допустимий вміст котрих зазначений в Кодексі [20]), а також наявністю механічних домішок тощо. Тобто, вміст останніх двох груп шкідливостей слід обмежити (що і відбувається в УКПГ під час підготовки природного газу до транспортування магістральними газопроводами). Наступним суттєвим чинником є вологість палива: наявність



вологи впливає на експлуатаційну надійність як газотранспортної, так і у значно більшій мірі газорозподільної системи. Таким чином, він також є ключовим параметром і підлягає розгляду в першу чергу. Моделювання управління якістю природного газу з використанням функцій належності лінгвістичних змінних, якими є фактори впливу на неї методом Парето, дозволяє варіювати найбільш суттєвими чинниками, які забезпечують врахування найбільш впливових із них. З діаграми, що була побудована за допомогою методу Парето (див. рис. 2), видно, що найбільш впливовими факторами на якість природного газу та на погіршення умов газоспоживання є теплота згоряння вища при стандартних умовах та вологовміст палива. В зв'язку з цим при організаційно-технологічному забезпеченні споживання газу природного на високому рівні вони підлягають розгляду в першу чергу.

#### **Висновки та рекомендації подальшого дослідження.**

1. Використання методів Парето та АВС-аналізу при моделюванні управління якістю природного газу дозволяють розподілити зусилля експерта проекту з оцінювання і прогнозування якості природного газу і встановити пріоритетність факторів, та виявити з яких необхідно починати діяти з метою постачання газу до кінцевих споживачів на високому рівні.

2. Моделювання управління якістю природного газу з використанням функцій належності лінгвістичних змінних, якими є фактори впливу методом Парето, яке було виконано на основі експертно-теоретичних даних, дозволить варіювати найбільш суттєвими чинникам, які забезпечують захист від найбільш впливових факторів впливу, відкладаючи у часі менш впливові, що тим самим покращить газоспоживання за рахунок виділення актуальних проблем.

3. З діаграми, що була побудована за допомогою методу Парето, видно, що найбільш впливовими факторами на якість природного газу та на виникнення проблем з газоспоживанням є теплота згоряння вища при стандартних умовах і вологовміст палива, тому вони є ключовими факторами й підлягають розгляду в першу чергу.

#### **Список використаних джерел**

1. Обсяги використання природного газу в Україні у 2019 р., млрд. м<sup>3</sup>. – URL: <https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23> (дата звернення 28.02.2021).
2. Енергетична стратегія України на період до 2035 р. «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». – Схвал. розпорядженням КМУ від 18.08.2017 р. №605-р. – URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?artid=245234085> (дата звернення: 28.02.2021).

3. Угода про асоціацію між Україною, з однієї сторони, та Європейським Союзом, Європейським співтовариством з атомної енергії і їхніми державами-членами, з іншої сторони. – URL: [https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984\\_011](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984_011) (дата звернення: 28.02.2021).

4. Про ратифікацію Протоколу про приєднання України до договору про заснування Енергетичного Співтовариства: закон України: станом на 1.01.2019 р. – № 2787-VI (2787-17) від 15.12.2010. – К.: ВВР, 2011, №24, ст.170.

5. Про ринок природного газу: закон України. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19/print> (дата звернення: 28.02.2021).

6. ДСТУ ISO 15112:2009. Природний газ. Визначення енергії. – К.: Держспоживстандарт України, 2010. – 29 с. – Чинний з 01.01.2011 р.

7. Кодекс газорозподільних систем. – Затвердж. Постановою НКРЕКП №2494 від 30.09.2015. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1379-15> (дата звернення: 28.02.2021).

8. Якість газу. – URL: <http://utg.ua/utg/businessinfo/yakist-gazu.html> (дата звернення: 28.02.2021).

9. 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.

10. Карпаш О.М. Проблемні питання оцінки якості природного газу в Україні / О.М. Карпаш, І.Я. Дарвай // Нафтогазова енергетика. – 2007. – №2 (3). – с.46-52.

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. Франчук Ю.Й. Оцінка якості природного газу як енергоносія на основі лінгвістичної інформації / Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська, К.М. Предун // Управління розвитком складних систем: Наук.- техн. збірник. – К., КНУБА, 2019. – Вип.38. – с.143-150.

15. Ратушняк Г.С. Моделювання управління ризиком на газових мережах з використанням функцій належності лінгвістичних змінних методом Парето / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2012. – № 1. – С. 38-42.

16. Предун К.М. Модель багатofакторної оцінки якості природного газу / К.М. Предун, Ю.Й. Франчук, О.І. Ободянська // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання: наук.-техн. збірник / Відповід. ред. В. П. Корбут. – К: КНУБА, 2019. – Вип.30. – с.20-28.

17. Ратушняк Г.С. Управління змістом проєктів із забезпечення надійності зовнішніх газорозподільних мереж: монографія / Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська. – Вінниця, 2014. – 128 с. – ISBN 978-966-641-582-3.

18. Івакіна І. Стратегічний аналіз: підручник для студ. вищ. навч. закл. / І. Івакіна. – Х.: Фактор, 2008. – 256 с.

19. Кодекс газотранспортної системи. – Затвердж. Постановою НКРЕКП №2493 від 30.09.2015. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15> (дата звернення: 28.02.2021).

20. Проект Постанови КМУ «Про затвердження Технічного регламенту природного газу». – URL: [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) (дата звернення: 28.02.2021).

21. Нападовська Л.В. Управлінський облік: підручник для студ. вищ. навч. закл. / Л.В. Нападовська – К.: Книга, 2004. – 544с.

д.е.н., доцент **Предун К.М., Франчук Ю.Й.**,  
Київський національний університет будівництва та архітектури,  
к.т.н., доцент **Ободянська О.І.**,  
Вінницький національний технічний університет

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИРОДНОГО ГАЗА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ ЛИНГВИСТИЧЕСКОЙ ПЕРЕМЕННОЙ МЕТОДОМ ПАРЕТО**

Природный газ в соответствии с положениями Энергетической стратегии Украины на период до 2035 г. несмотря на существенное развитие «зеленой» энергетики остается основным энергоносителем в государстве. В связи с присоединением к единому Европейскому пространству регулирования торговли природным газом в стране все расчеты за потребленное топливо следует выполнять в единицах энергии. Таким образом, определяющими становятся вопросы качества природного газа. Одной из особенностей системы

газоснабження является значительная степень неопределенности изменения большого количества возмущающих факторов влияния и постоянно меняющихся параметров ее функционирования. Среди других для оценки качества выбранная математическая модель, основанная на теории нечеткой логики. По результатам рассмотрения факторов, характеризующих физико-химические свойства добытого с месторождения природного газа, качество его подготовки к транспортировке и технические условия эксплуатации газораспределительной системы населенного пункта, получено нечеткое множество для определения качества топлива. Одним из методов анализа в сложных и многосвязных систем является метод Парето, суть которого заключается в классификации проблем на немногочисленные, но существенно важные, и многочисленные, но несущественные. Полученная диаграмма Парето наглядно иллюстрирует количество факторов влияния на качество природного газа. Наиболее значимыми факторами на качество природного газа и ухудшение условий газопотребления являются теплота сгорания высшая (при стандартных условиях измерения) и влагосодержание топлива. В связи с этим при организационно-технологическом обеспечении потребления природного газа на высоком уровне они подлежат рассмотрению в первую очередь.

Ключевые слова: природный газ, физико-химические свойства, качество, математическая модель, лингвистическая переменная, нечеткая логика, функция принадлежности, фактор влияния, диаграмма Парето

Doctor of economical sciences,  
Professor **Predun Kostiantyn**, Assistant **Franchuk Yurii**,  
Kyiv National University of Construction and Architecture,  
Ph.D. of technical sciences, Associate Professor **Obodianskaya Olha**,  
Vinnitsia National Technical University

## **SIMULATION OF NATURAL QUALITY MANAGEMENT GAS USING ADJUSTMENT FUNCTIONS LINGUISTIC VARIABLES BY PARETO METHOD**

Natural gas in accordance with the provisions of the Energy Strategy of Ukraine for the period up to 2035, despite the significant development of "green" energy remains the main energy source in the country. Due to the accession to the single European area of regulation of natural gas trade in the country, all calculations for fuel consumption should be performed in units of energy. Thus, the defining issues are the quality of natural gas. One of the features of the gas supply system is a

significant degree of uncertainty in the change of a large number of disturbing factors and constantly changing parameters of its operation. Among others, a mathematical model based on the theory of fuzzy logic was chosen to assess quality. Based on the results of consideration of factors characterizing the physical and chemical properties of natural gas extracted from the field, the quality of its preparation for transportation and technical conditions of operation of the gas distribution system of the settlement, a fuzzy set was obtained to determine fuel quality. One of the methods of analysis in complex and multiconnected systems is the Pareto method, which consists in classifying problems into a few, but essential, and numerous, but insignificant. Modeling the management of natural gas quality using the membership functions of linguistic variables, which are the factors influencing it by the Pareto method, allows to vary the most significant factors that take into account the most influential of them. The resulting Pareto bar chart clearly illustrates the number of factors influencing the quality of natural gas. The diagram shows that the most influential factors on the quality of natural gas and on reducing the operational reliability of gas transmission and gas distribution systems are, respectively, higher heat of combustion under standard conditions and fuel moisture content. In this regard, in the organizational and technological support of natural gas consumption at a high level, they should be considered in the first place.

Keywords: natural gas, physicochemical properties, quality, mathematical model, linguistic variable, fuzzy logic, membership function, influence factor, Pareto diagram

#### REFERENCES.

1. Obsyahy vykorystannya pryrodnoho hazu v Ukrayini u 2019 r., mlrd. m<sup>3</sup>. – URL: <https://www.naftogaz.com/www/3/nakweb.nsf/0/8B3289E9F4B2CF50C2257F7F0054EA23>. {in Ukrainian}.
2. Enerhetychna stratehiya Ukrayiny na period do 2035 r. «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist». – URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?artid=245234085>. {in Ukrainian}.
3. Uhoda pro asotsiatsiyu mizh Ukrainoyu, z odniyeyi storony, ta Yevropeyskym Soyuzom, Yevropeyskym spivtovarystvom z atomnoyi enerhiyi i yikhnimy derzhavamy-chlenamy, z inshoyi storony. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/984011>. {in Ukrainian}.
4. Pro ratyfikatsiyu Protokolu pro pryednannya Ukrayiny do dohovoru pro zasnuvannya Enerhetychnoho Spivtovarystva: zakon Ukrayiny: stanom na 1.01.2019 r. – № 2787-VI (2787-17) vid 15.12.2010. – K.: VVR, 2011, №24, st.170. .{in Ukrainian}.

5. Pro rynek pryrodnoho hazu: zakon Ukrayiny. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/329-19/print>. {in Ukrainian}.
6. DSTU ISO 15112:2009. Pryrodnyy haz. Vyznachennya enerhiyi. – K.: Derzhspozhyvstandart Ukrayiny, 2010. – 29 s. – Chynnyy z 01.01.2011 r. {in Ukrainian}.
7. Kodeks hazorozpodilnykh system. – Zatverdzh. Postanovoyu NKREKP №2494 vid 30.09.2015. – URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/main/z1379-15>. {in Ukrainian}.
8. Yakist hazu. – URL: <http://utg.ua/utg/businessinfo/yakist-gazu.html>. {in Ukrainian}.
9. Hordiyenko A.I. Do pytannya perekhodu na oblik pryrodnoho hazu yak enerhonosiya / A.I. Hordiyenko, I.H. Bohomolets, M. V. Chub // Naftova i hazova promyslovisht. – 2001. – №3. – s.42-43. {in Ukrainian}.
10. Karpash O.M. Problemni pytannya otsinky yakosti pryrodnoho hazu v Ukrayini / O.M. Karpash, I.YA. Darvay // Naftohazova enerhetyka. – 2007. – №2 (3). – s.46-52. {in Ukrainian}.
11. Koziy V.M. Yakist hazu rodovyshch Ukrayiny / V.M. Koziy, A.I. Lurye, I.A. Rubanova // Pytannya rozvytku hazovoyi promyslovishti Ukrayiny: Zbirn. nauk. prats UkrNDIhaz. – Vyp. 28. – 2000. – s.66-68. {in Ukrainian}.
12. Motalo A.V. Analiz osnovnykh problem metodolohiyi otsinyuvannya yakosti vuhlevodnevykh hazi / A.V. Motalo, B.I. Stadnyk, V.P. Motalo // Naukovyy visnyk NLTU Ukrayiny: Zbirn. nauk.-tekhn. prats. 2. Ekolohiya ta dovkilliya. – 2015. – Vyp.25.10. – s. 178-183. {in Ukrainian}.
13. Kaptsova N.I. Pidvyschennya efektyvnosti ekspluatatsiyi ta remontu miskykh hazoprovodiv: avtoref. dys. ... kand.. tekhn. nauk.: 05.23.03 / Kaptsova N. I.; Ministerstvo osvity i nauky Ukrayiny, Kharkivskyy natsionalnyy universytet budivnytstva i arkhitektury. – Kharkiv, 2018. – 20 s. {in Ukrainian}.
14. Franchuk YU. Y. Otsinka yakosti pryrodnoho hazu yak enerhonosiya na osnovi linhvistychnoyi informatsiyi / YU.Y. Franchuk, O.I. Obodyanska, K.M. Predun // Upravlinnya rozvytkom skladnykh system: Nauk.- tekhn. zbirnyk. – K., KNUBA, 2019. – Vyp.38. – s.143-150. {in Ukrainian}.
15. Ratushnyak H.S. Modelyuvannya upravlinnya ryzykom na hazovykh merezhakh z vykorystannyam funktsiy nalezhnosti linhvistychnykh zminnykh metodom Pareto / H.S. Ratushnyak, O.I. Obodyanska // Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu. – 2012. – № 1. – S. 38-42. {in Ukrainian}.
16. Predun K. M. Model bahatofaktornoyi otsinky yakosti pryrodnoho hazu / K.M. Predun, YU.Y. Franchuk, O.I. Obodyanska // Ventylyatsiya, osvittlennya ta

teplohazopostachannya: nauk.-tekhn. zbirnyk / Vidpovid. red. V. P. Korbut. – K: KNUBA, 2019. – Vyp.30. – s.20-28. {in Ukrainian}.

17. Ratushnyak H. S. Upravlinnya zmistom proektiv iz zabezpechennya nadiynosti zovnishnikh hazorozpodilnykh merezh: monohrafiya / H.S. Ratushnyak, O.I. Obodyanska. – Vinnytsya, 2014. – 128 s. – ISBN 978-966-641-582-3. {in Ukrainian}.

18. Ivakina I. Stratehichnyy analiz: pidruchnyk dlya stud. vyshch. navch. zakl. / I. Ivakina. – KH.: Faktor, 2008. – 256 s. {in Ukrainian}.

19. Kodeks hazotransportnoyi systemy. – Zatverdzh. Postanovoyu NKREKP №2493 vid 30.09.2015. – URL: <http://zakon.rada.gov.ua/go/z1378-15>. {in Ukrainian}.

20. Proekt Postanovy KMU «Pro zatverdzhennya Tekhnichnoho rehlamentu pryrodnoho hazu». – URL: [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). {in Ukrainian}.

21. Napadovska L.V. Upravlins'kyi oblik: pidruchnyk dlya stud. vyshch. navch. zakl. / L.V. Napadovska. – K.: Knyha, 2004. – 544s. {in Ukrainian}.