

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ ЩОДО ОЦІНКИ СТАНУ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ МЕТОДОМ ПАРНИХ ПОРІВНЯНЬ

Г.С. Ратушняк, О.І. Ободянська

Анотація: Запропоновано методику інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення методом парних порівнянь при реалізації проектів оцінки технічного стану системи газопостачання з врахуванням кількісних та якісних факторів впливу на систему.

Аннотация: Предложена методика интеллектуальной поддержки принятия управленческого решения методом парных сравнений при реализации проектов оценки технического состояния системы газоснабжения с учетом количественных и качественных факторов влияния на систему.

Abstract: The method of intellectual support of acceptance of administrative decision by the method of парних comparisons is offered during realization of projects of estimation of the technical state of the system of gas-supplying taking into account the quantitative and high-quality factors of influence on the system.

Ключові слова: оцінка технічного стану системи газопостачання, попарне порівняння, пари альтернатив, матриця парних порівнянь.

Вступ

Проблема надійності системи газопостачання займає ведуче місце в основних міжнародних документах Європейської Енергетичної Хартії та Європейської Директиви по газу ЄС [1]. В умовах інтенсивного розвитку ринку газу в Україні винятково актуальним є проблема забезпечення надійності та ефективності роботи газотранспортної системи, що досягається постійною об'єктивною оцінкою її технічного стану з врахуванням кількісних та якісних проектних рішень та таких параметрів, що характеризують будівельно-монтажні роботи та умови експлуатації системи.

В роботі [2] висвітлено ієрархічну класифікацію факторів, які впливають на технічний стан системи газопостачання. Серед факторів при визначенні змісту інтелектуальної підтримки прийняття рішення було враховано науково-технічний рівень проектних рішень, якість будівельно-монтажних робіт та технічні умови експлуатації системи. Також запропоновано математичну модель прийняття управлінських рішень, щодо оцінки технічного стану системи газопостачання розробленої з використанням теорії нечіткої логіки та лінгвістичних змінних [3,4].

Адекватність запропонованої математичної моделі та алгоритму інтелектуальної підтримки прийняття управлінського рішення для реалізації проекту оцінювання технічного стану системи газопостачання із застосуванням нечіткої логіки та лінгвістичних змінних потребує перевірки одним із відомих незалежних методів.

Актуальність

Однією із причин низької надійності системи газопостачання є відсутність надійного комплексного інструменту по оцінюванню її технічного стану, який би враховував фактори, які мають кількісний і якісний характер. Вирішення цієї задачі можливе з використанням математичної моделі прийняття управлінських рішень розробленої з використанням методу парних порівнянь Т. Сааті, яка дозволяє при моделюванні враховувати кількісні та якісні збуджуючі параметри, які впливають на надійність системи газопостачання. Внаслідок цього проблема забезпечення безпечної експлуатації трубопроводів системи газопостачання, вдосконалення методів по оцінюванню і прогнозуванню їх технічного стану є актуальною.

Мета

Метою статті є розроблення моделі інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень щодо оцінки стану системи газопостачання з врахуванням кількісних та якісних збуджуючих параметрів, які впливають на її надійність.

Постановка завдання

Одним з математично обґрунтованих методів систематизації факторів впливу для цілей стратегічного планування є метод парних порівнянь Сааті, як один з методів аналітичних ієрархічних процесів і аналітичних сільових процесів підтримки прийняття управлінських рішень [5]. Це забезпечується тим, що фактори впливу зрівнюються попарно по відношенню до їх дії на загальну для них характеристику. Методу аналізу ієрархій (МАІ) використовується для прийняття рішень у важко формалізованих ситуаціях і є замкненою логічною конструкцією, що забезпечується простими правилами аналізу складних проблем, які призводять до найкращої відповіді. МАІ є обґрунтованішим порівняно з методами, що базуються на лінійній логіці методом розв'язання багатокритеріальних завдань у складній обстановці з ієрархічними структурами, які вмщують помітні та непомітні фактори. Застосування цього методу дозволяє включати в ієрархії усі наявні при оцінці технічного стану системи газопостачання знання та факти. Збіжність результатів, отриманих з використанням однакових вхідних даних двома незалежними методами, дозволить перевірити достовірність запропонованої математичної моделі інтелектуальної підтримки прийняття рішення, щодо оцінки технічного стану системи газопостачання [2].

Основна частина

Принцип ідентичності та декомпозиції передбачає структурування проблеми оцінки технічного стану системи газопостачання у вигляді ієрархії. Ієрархія сприймається як певний тип системи, де фактори впливу на технічний стан системи газопостачання групуються у множини. Елементи кожної групи знаходяться під впливом елементів деякої групи I , у свою чергу, впливають на елементи іншої групи. Вважається, що елементи кожної групи (рівня) ієрархії незалежні, а ієрархія будується з вершини. Її загальна структура, множина її елементів і різні ієрархічні рівні щодо оцінки технічного стану системи газопостачання представлено на рис. 1.



Рисунок 1 – Ієрархічна модель прийняття рішення з оцінки технічного стану системи газопостачання

Експерту проекту з оцінки технічного стану системи газопостачання послідовно пред'являються пари альтернатив (X_i, X_j) і пропонують визначити ступінь d_{ij} переваги альтернативи X_i над альтернативою X_j відносно деякого якісного фактору впливу на технічний стан системи газопостачання. При цьому, якщо експерту була представлена пара (X_i, X_j) і він визначив ступінь переваги d_{ij} , то пара (X_i, X_j) вже не пропонується, а ступінь переваги d_{ij} визначається, виходячи з (1). Таким чином, за наявності n альтернатив експерт повинен виконати $(n(n-1)/2)$ порівнянь. Так як матриця має властивість оберненої симетричності,

$$d_{ij} = 1/d_{ji} \quad (1)$$

Елементи d_{ij} , $i, j = (1, n)$, утворюють квадратну матрицю парних порівнянь D [5]. При цьому елемент d_{ij} можна трактувати як відношення ваг альтернатив X_i і X_j тобто w_i/w_j

$$D = \begin{bmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_n \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_n \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_n/w_1 & w_n/w_2 & \dots & w_n/w_n \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Якщо значення w_1, w_2, \dots, w_n невідомі, тоді парне порівняння здійснюється з використання суб'єктивних суджень експертів, чисельно оціненою за шкалою запропонованою в [5]. При розробці моделі інтелектуальної підтримки рішення щодо оцінки технічного стану системи газопостачання складається матриця для порівняння відносної важливості проектних рішень (X_{11} – помилки у гідравлічних розрахунках, X_{12} – помилки у динамічних розрахунках, X_{13} – механічна надійність труб) будівельно-монтажних робіт (X_{21} – механічні пошкодження при транспортуванні та монтажу газопроводів, X_{22} – якість зварних стиків, X_{23} – стан антикорозійного ізоляційного покриття, X_{24} – відхилення фактичних значень від проектних), експлуатації системи (X_{31} – стан металу, X_{32} – технічне зношення елементів, X_{33} – технічний рівень обслуговуючого персоналу, X_{34} – планово-запобіжні огляди і ремонти газопроводів) на другому рівні по відношенню до загальної мети на першому рівні (технічний стан системи газопостачання). Подібні матриці будуються для парних порівнянь кожної альтернативи на третьому рівні по відношенню до критеріїв другого рівня [5].

Для моделювання інтелектуальної підтримки управлінського рішення щодо визначення технічного стану системи газопостачання, який характеризується проектними, будівельно-монтажними та експлуатаційними параметрами, будеться дванадцять матриць, одна для другого рівня ієрархії (табл. 1) і одинадцять – для третього рівня (табл. 2). В табл. 2 наведено парне порівняння можливих варіантів організаційно-управлінських рішень щодо вибору важливості факторів впливу на технічний стан системи газопостачання. Отримано одинадцять матриць суджень розмірністю 2×2 , оскільки є 11 критеріїв на другому рівні і два газопроводи, які досліджуються і парно порівнюються по кожному з критеріїв. З групи матриць парних порівнянь формується набір локальних пріоритетів, які виражають відносний вплив елементів $(X_{11} \dots X_{34})$ на елемент, який примикає до верхнього рівня. Знаходимо цінність кожного окремого об'єкту через „рішення” матриць. Для цього визначаються власні вектори для кожної матриці, а потім нормалізується результат до одиниці, отримуючи цим сам вектор пріоритетів.

Для отримання векторів пріоритетів виконано оцінку компонентів власного вектора за рядками [2], яка здійснюється для першого рядка матриці за наступною формулою

$$\sqrt[n]{\frac{w_1}{w_1} \times \frac{w_1}{w_2} \times \frac{w_1}{w_3} \times \dots \times \frac{w_1}{w_n}} = m_1 . \quad (3)$$

Таблиця 1 – Парне порівняння факторів впливу на технічний стан системи газопостачання: матриця парних порівнянь для рівня 2

Фактори впливу	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₂₁	X ₂₂	X ₂₃	X ₂₄	X ₃₁	X ₃₂	X ₃₃	X ₃₄
X ₁₁	1	5	3	9	5	3	7	2	5	6	9
X ₁₂	1/5	1	1/3	9	3	3	7	3	4	5	8
X ₁₃	1/3	3	1	9	1/5	1/3	5	3	7	9	8
X ₂₁	1/9	1/9	1/9	1	1/9	1/7	1/3	5	2	3	2
X ₂₂	1/5	1/3	5	9	1	1/3	9	1/3	5	7	6
X ₂₃	1/3	1/3	3	7	3	1	5	7	3	3	1/3
X ₂₄	1/7	1/7	1/5	3	1/9	1/5	1	7	2	3	4
X ₃₁	1/2	1/3	1/3	1/5	3	1/7	1/7	1	3	5	7
X ₃₂	1/5	1/4	1/7	1/2	1/5	1/3	1/2	1/3	1	9	8
X ₃₃	1/6	1/5	1/9	1/3	1/7	1/3	1/3	1/5	1/9	1	5
X ₃₄	1/9	1/8	1/8	1/2	1/6	3	1/4	1/7	1/8	1/5	1

Таблиця 2 – Парне порівняння факторів впливу на технічний стан системи газопостачання: матриця парних порівнянь для рівня 3

X ₁₁	A	Б	X ₁₂	A	Б	X ₁₃	A	Б	X ₂₁	A	Б	X ₂₂	A	Б
A	1	3	A	1	7	A	1	5	A	1	5	A	1	2
Б	1/3	1	Б	1/7	1	Б	1/5	1	Б	1/5	1	Б	1/2	1
X ₂₃	A	Б	X ₂₄	A	Б	X ₃₁	A	Б	X ₃₂	A	Б	X ₃₃	A	Б
A	1	9	A	1	8	A	1	9	A	1	3	A	1	3
Б	1/9	1	Б	1/8	1	Б	1/9	1	Б	1/3	1	Б	1/3	1
X ₃₄	A	Б												
A	1	5												
Б	1/5	1												

Далі знаходиться вектор пріоритету для першого рядка матриці (табл. 1 та табл. 2.) за формулою

$$\frac{m_1}{m_1 + m_2 + \dots + m_n} = x_1 . \quad (4)$$

Аналогічно визначаються компонент власного вектору та вектор пріоритету для інших m_n рядків.

В якості множини відносних вагів альтернатив використовуються компоненти власного вектора, відповідаючи максимальному характеристичному числу λ_{\max} . Для неузгодженої матриці завжди $\lambda_{\max} \geq n$, відповідно методу Сааті запропонував в якості показника ступеня узгодженості елементів матриці D використовується величину індексу узгодженості (consistency index - CI)

$$CI = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) . \quad (5)$$

Для оцінки достатності ступеня узгодженості відповідно методу Сааті використано відношення узгодженості (consistency ratio - CR), яке дорівнює:

$$CR = CI / CIS, \quad (6)$$

де CIS – середнє значення CR, які обчислені для великої кількості випадковим чином матриць парних порівнянь, що згенеровані у фундаментальній шкалі [5]. Рекомендується результируючий вектор щодо ваг вважати прийнятним, якщо CR рівне 0,10 (але не перевищує 0,20).

Для матриці факторів впливу другого рівня вектор пріоритетів складає: $X_{11}=0,27$; $X_{12}=0,156$; $X_{13}=0,138$; $X_{21}=0,031$; $X_{22}=0,115$; $X_{23}=0,12$; $X_{24}=0,05$; $X_{31}=0,05$; $X_{32}=0,04$; $X_{33}=0,02$; $X_{34}=0,017$ та $\lambda_{\max} = 15,71$, індекс узгодженості $CI=0,471$, відношення узгодженості $CR=0,20$, що задовольняє вимогам. Для матриці третього рівня ці показники наведено в табл. 3.

Таблиця 3 – Фактори впливу на технічний стан системи газопостачання: матриця для другого рівня, рішення та узгодженість

Показники	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{21}	X_{22}	X_{23}	X_{24}	X_{31}	X_{32}	X_{33}	X_{34}
Вектор переваг А	0,75	0,87	0,83	0,83	0,67	0,9	0,89	0,9	0,75	0,75	0,83
Вектор переваг Б	0,25	0,13	0,17	0,17	0,34	0,1	0,11	0,1	0,25	0,25	0,17
λ_{\max}	2	2,03	2,016	2,016	2,025	2	2,115	2	2	2	2,016
CI	0	0,03	0,016	0,016	0,025	0	0,115	0	0	0	0,016
CR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Наступним етапом попарних порівнянь є застосування принципу синтезу. Для виявлення складових, або глобальних, пріоритетів теплоізоляційних матеріалів в матриці локальні пріоритети розташовуються по відношенню до кожного критерію, кожний стовпчик векторів множиться на пріоритет відповідного критерію, а результат підсумовується уздовж кожного рядка. Отримані глобальні пріоритети для газопроводів складають: середнього тиску (А) – 0,223; низького тиску (Б) – 0,108. Газопроводи середнього тиску отримали найвищу оцінку за глобальними пріоритетами і тому можна їх вважати найбільш впливовими по відношенню до факторів впливу на технічний стан системи газопостачання в цілому.

Висновки

1. Грунтуючись на теоретичних засадах методів ієрархічних процесів та аналітичних мережевих процесів запропонована математична модель підтримки прийняття рішення щодо оцінки технічного стану системи газопостачання, яка дає змогу оцінити доцільність та достовірність експертно-моделюючої системи інтелектуальної підтримки прийняття рішень на базі нечіткої логіки при моделюванні надійності системи газопостачання

2. Запропоновані методики, що служать комплексними інструментами для експерта проекту з оцінювання технічного стану системи газопостачання, дають змогу отримати незалежні управлінські рішення з врахуванням кількісних та якісних збуджуючих параметрів, що впливають на надійність системи газопостачання.

Список літератури

- Сідак В.С. / Інноваційні технології в діагностиці та експлуатації систем газопостачання / В.С. Сідак. – Харків: ХНАМГ, 2005. – 227 с. – ISBN 966-7097-98-6
- Ратушняк Г.С. / Моделювання надійності систем газопостачання на основі лінгвістичної інформації / Г. С. Ратушняк, О.І. Ободяньська // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2009. – №6. – с. 97-103.
- Ротштейн А.П. / Нечеткая надежность алгоритмических процессов / А. Ротштейн, С. Штовба. – Винница: Континент – ПРИМ, 1997. – 142 с
- Митюшкин Ю.И., Мокин Б.И., Ротштейн А.П. – В.: Универсум, 2002. – 145с. – ISBN 966-641-051-6.
- Саати Т. / Аналитическое планирование. Организация системы: Пер. с англ / Т. Саати, К. Керис – Москва: Радио и связь, 1991. – 224 с

Відомості про авторів

Ратушняк Георгій Сергійович – к.т.н., професор, директор інституту будівництва теплоенергетики та газопостачання, завідувач кафедри теплогазопостачання; вул. Воїнів Інтернаціоналістів, 7, м. Вінниця, 21021: тел. 46-52-04; e-mail: ratushnyak@inbtegp.vstu.vinnica.ua, Вінницький національний технічний університет;

Ободяньська Ольга Ігорівна – аспірант кафедри теплогазопостачання; вул. Воїнів Інтернаціоналістів, 7, м. Вінниця, 21021: тел. +380674304208; e-mail: olhaobod@inbox.vn.ua, Вінницький національний технічний університет.