

Сертифікація, стандартизація, якість

УДК 658.562.681.121

ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО РІВНЯ ЯКОСТІ ВИТРАТОВИМІРЮВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ МЕТОДОМ АНАЛІЗУ ІЄРАРХІЙ НА БАЗІ ЗВОРТНЬОСИМЕТРИЧНОЇ ШКАЛИ

І.С.Петришин

ДП «Івано-Франківськстандартметрологія», 76007, м. Івано-Франківськ, вул. Вовчинецька, 127
тел. (0342) 710979; e-mail: dcsms@if.ukrtel.net

Предложен метод анализа иерархий на базе относимметрической шкалы для проведения оценки технического уровня качества расходоизмерительной техники (РИТ), что существенно улучшает точность экспертной оценки качества РИТ.

In this article proposed the analytic hierarchy process which based on inversely-symmetric scale for evaluation of technical quality level of flow measurement equipment which improve expert evaluate accuracy of this equipment quality.

Відносною характеристикою якості технічної продукції на всіх етапах її життєвого циклу (при проектуванні і конструюванні, при випуску з виробництва та в процесі експлуатації) є її технічний рівень. Оцінка технічного рівня базується на виборі показників якості, притаманних даній продукції, визначенні значень цих показників, порівнянні (співставленні) їх з відповідними показниками аналогів технічно досконалої продукції.

Широке розмаїття видів, типів і типорозмірів витратовиміральної техніки (ВВТ), що застосовується фізичними та юридичними особами для обліку природного газу, впровадження тендерних конкурсів (торгів) при її закупівлі вимагає об'єктивного вирішення питання вибору найліпшого (або оптимального) варіанту такої продукції, а також планування одиничних показників якості при створенні її нових видів та типів.

В статті [1] автором введено поняття сертифікаційної моделі лічильника газу як сукупності одиничних показників які відображають його якісні властивості у вигляді реакцій на різноманітні впливові фактори і які експериментально оцінюються підчас випробувань. З метою уніфікації всі ці одиничні показники за своїм призначенням умовно розділені на такі групи: метрологічні, експлуатаційні, конструктивні, ресурсні (або показники надійності) та показники безпеки.

В [2, 3] зроблена спроба оцінки технічного рівня лічильників газу з використанням декіль-

кох одиничних однорідних (метрологічних) показників, співставленні їх з нормованими, (задекларованими в нормативній документації) з метою визначення диференційних показників якості, подальшому визначенню їх коефіцієнтів вагомості і розрахунку комплексного показника якості (КПЯ). Однак, велика номенклатура різноманітних одиничних показників якості ВВТ, їх різноманітність з точки зору одиниць вимірювання (шкал) затрудняють застосування традиційних методів кваліметрії (особливо при визначенні вагових коефіцієнтів для кожного диференційного показника якості, які вибираються довільно в залежності розуміння ступеня їх впливу особами, що пропонують ту чи іншу методологію). При цьому, як правило, не проводиться перевірка надійності та достовірності отриманого КПЯ. Зведення різноманітних одиничних показників якості до єдиної шкали і отримання узагальненої оцінки по всій сукупності показників, обраних для порівняння можливе при застосуванні системних технологій (теорії систем), одним із методів якої є метод аналізу ієрархій (МАІ) [4, 5]. Суть системного підходу полягає в декомпозиції проблеми як мети поставленої задачі, що є верхнім (вищим) рівнем ієрархії, на більш прості її складові частини (елементи), які є підсистемами цієї проблеми і знаходяться на нижньому рівні ієрархії. Закон ієрархічної безперервності вимагає, щоб елементи нижчого рівня ієрархії були попарно порівняні по відношенню до елементів наступного рівня і т.д. до вершини ієрархії, або вищого її



Рисунок 1 — Декомпозиція проблеми оцінки технічного рівня в ієрархію

рівня. Попарні порівняння полягають в оцінці відносної важливості елементів між собою за допомогою шкали відносної важливості – впорядкованого набору градацій, що визначається чисельно для вираження результатів попарних порівнянь.

В подальшому попарні порівняння на кожному рівні ієрархії виражені в числовому значенні об'єднуються в матрицю попарних порівнянь, які є вихідними даними для стандартної математичної обробки з метою визначення так званих локальних пріоритетів, що визначають відносний вплив множини однорідних показників на показник вищого рівня.

На базі локальних пріоритетів визначаються так звані глобальні пріоритети, ранжування яких дає змогу вирішити мету поставленої задачі.

Розглянемо проблему оцінки технічного рівня декількох зразків ВВТ (наприклад, побутових лічильників газу) з точки зору запропонованого методу.

В загальному вигляді декомпозицію проблеми оцінки технічного рівня ВВТ в ієрархію можна зобразити трьома рівнями (рис. 1), якщо згрупувати однорідні показники (характеристики), як це запропоновано в [1]. Так як всі показники можуть бути експериментально оцінені під час проведення державних приймальних або контрольних випробувань, то диференційним або комплексним методом [2, 3] можна визначити групові показники якості для рівня 2 ієрархічної структури. Подальші попарні порівняння і всі інші етапи МАІ здійснюються на базі групових показників.

Для приведення суб'єктивних попарних порівнянь в МАІ існує множина шкал відносної важливості показників (всіх відомих 28). Як правило, при експертній оцінці в кваліметрії використовуються так звані інтервальні шкали або бальні [6, 7], найбільш відомі із них шкали 1-5, 1-7 і 1-10. Число балів шкали визначається необхідною точністю і надійністю результату (чим більше балів в шкалі, тим вища точність і надійність результату) і числом помітних експертами рівнів якості, які вони можуть розрізняти. Максимальне число помітних рівнів (градацій шкали) залежить від компетентності експерта (чим вище компетентність експерта, тим більше число градацій він може розрізняти). На

основі аналізу шкал, автор прийшов до висновку, що для попарних порівнянь найбільш ефективною, яку можна застосувати для оцінки технічного рівня якості, є зворотньосиметрична шкала, запропонована американським вченим Т.Сааті [4, 5] (табл. 1).

Таблиця 1 — Шкала відносної важливості показників

Відносна важливість	Визначення
1	Рівна важливість
3	Помірна перевага одного над іншим
5	Суттєва перевага
7	Значна перевага
9	Дуже сильна перевага
2, 4, 6, 8	Проміжне судження між двома сусідніми значеннями
Зворотні величини наведених чисел	Якщо при порівнянні одного показника з другим отримано одне із вищезгаданих чисел (наприклад, 5), то для порівняння другого показника з першим будемо мати зворотню величину (тобто 1/5)

Ця шкала (1/9 – 9) виявилась найбільш ефективною, тому що для об'єктивності порівнянь експертам потрібно тримати в полі зору всі показники, які порівнюються, і відрізнити якомога більше відтінків. Потрібно приймати до уваги, що властивості оперативної пам'яті людини дозволяють без значної помилки виносити рішення, якщо необхідно враховувати не більше 7 ± 2 альтернатив, тобто визначати вагомість не більше як дев'яти одиничних показників якості [4, 5]. Згідно з цією шкалою відносна важливість a_{ij} показника i відносно показника j може бути виражена натуральним числом від 1 до 9 або зворотним числом (тобто в порядку зменшення від 1 до 1/9). Таким чином матрицю A попарних порівнянь групових показників для рівня 2 (рис. 1) можна подати у вигляді табл. 2, або записати у загальному вигляді як:

Таблиця 2 — Оцінка технічного рівня: матриця попарних порівнянь для рівня 2.

Оцінка технічного рівня	Метрологічні	Експлуатаційні	Безпеки	Ресурсні	Конструктивні
Метрологічні					
Експлуатаційні					
Безпеки					
Ресурсні					
Конструктивні					

Примітка 1. Клітинки цієї матриці подаються незаповненими. Вони залишені для оцінок або суджень про відносну важливість порівнюваних групових показників по відношенню до загальної мети оцінки технічного рівня ВВТ

Таблиця 3 — Оцінка технічного рівня: матриці попарних порівнянь для рівня 3.

Метрологічні показники	ВВТ (1)	ВВТ (2)	ВВТ (М)	Експлуатаційні показники	ВВТ (1)	ВВТ (2)	ВВТ (М)
ВВТ(1)					ВВТ(1)				
ВВТ(2)					ВВТ(2)				
.....								
ВВТ(М)					ВВТ(М)				
Показники безпеки	ВВТ (1)	ВВТ (2)	ВВТ (М)	Ресурсні показники	ВВТ (1)	ВВТ (2)	ВВТ (М)
ВВТ(1)					ВВТ(1)				
ВВТ(2)					ВВТ(2)				
.....								
ВВТ(М)					ВВТ(М)				
Ресурсні показники									
ВВТ(1)									
ВВТ(2)									
.....									
ВВТ(М)									

Примітка 2. Матриця заповнюється експертами на основі порівняння результатів експериментальних досліджень при проведенні державних приймальних або контрольних випробувань

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1N} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2N} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{N1} & a_{N2} & \dots & a_{NN} \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де: N – кількість групових показників, a_{ij} – відносна важливість показника i відносно показника j . Елементами даної матриці є числа від 1 до 9 та від 1 до 1/9, причому матриця є квадратичною. Вона має однакову кількість рядків і стовпців, а також інші корисні характеристики, такі як власні вектори та власні значення.

Аналогічно за допомогою шкали будується також масив матриць попарних порівнянь зразків ВВТ стосовно кожного групового показника $k = 1, 2... N$, N – кількість показників (табл. 3), що у загальному вигляді можна подати як:

$$B_k = \begin{bmatrix} b_{11}^k & b_{12}^k & \dots & b_{1M}^k \\ b_{21}^k & b_{22}^k & \dots & b_{2M}^k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ b_{M1}^k & b_{M2}^k & \dots & b_{MM}^k \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де: b_{in}^k – результат попарного порівняння першого та n зразка ВВТ відповідно до k -го показника ($k = 1, 2... N$); M – кількість зразків ВВТ, що порівнюються (об'єктів аналізу).

Отже, для оцінки технічного рівня ВВТ згідно сертифікаційної моделі [1] необхідно побудувати 6 матриць: – одну для другого рівня і п'ять – для третього рівня.

Далі для кожної матриці парних порівнянь необхідно вирахувати нормовані власні вектори, які визначають локальні пріоритети. Локальні пріоритети характеризують відносний вплив множини показників на елемент вищого рівня ієрархії. Одним з найкращих шляхів визначення власних векторів є їх геометричне середнє [4]. Його отримують шляхом множення елементів в кожному рядку отриманих матриць і добуваючи корінь n -ї степеня, де n – число елементів матриці. Для нормалізації результатів отриманих власних векторів до одиниці, їх кожне значення ділять на суму всіх значень і отримують оцінки локальних пріоритетів. Формула для визначення компонент нормованих власних векторів локальних пріоритетів буде мати вигляд:

Таблиця 4

Розмірність матриці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Випадкова погодженість (W_k)	0	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$A_i^k = \frac{\sqrt[L]{\prod_{j=1}^L X_{ij}^k}}{\sum_{i=1}^L \sqrt[L]{\prod_{j=1}^L X_{ij}^k}}; \quad (3)$$

де $X_{ij} = a_{ij}$ для $k=0$; $L=N$; $i,j=1, 2...N$ (тобто для матриці парних зрівнянь одиничних показників);

$X_{ij} = b_{ij}$ для $k=0$; $L=M$; $i,j=1, 2...M$ (тобто для матриці парних порівнянь зразків ВВТ).

Індекс k , як натуральне число, використовується для позначення номера показника, до якого відноситься величина з цим індексом. Якщо мова йде про порівняння самих показників, то індекс $k=0$.

Дуже цінним побічним продуктом теорії МАІ є так званий індекс погодженості, що дозволяє перевірити правильність присвоєння експертами при проведенні парних порівнянь тих чи інших значень шкали 1/9 – 9. Як було зазначено вище, для виконання умов погодженості в матрицях парних порівнянь використовують зворотні величини $a_{ji} = 1/a_{ij}$ замість тих, що традиційно використовуються при побудові інтервальних шкал величин $a_{ji} = -a_{ij}$.

Т.Сааті в [4] наводить таблицю (табл. 4) випадкових погодженостей, яка утворилась при випадковому виборі кількісних суджень із шкали 1/9, 1/8, 1/7, ... 1, 2, 9, але при умові утворення зворотносиметричної матриці.

Оцінкою погодженості думок експертів або погодженість локальних пріоритетів W_k (в кваліметрії так званий коефіцієнт конкордації), сформованих на базі вхідних даних, що ввійшли до матриць A , B_k , визначається як відношення індексу погодженості S_k до випадкової погодженості W_s , вибраної з табл. 4

$$W_k = \frac{S_k}{W_s}, \quad (4)$$

де $k=0$ для матриці порівняння групових показників, $k=1, 2...N$ – для матриці порівняння зразків ВВТ відносно кожного групового показника.

Індекс погодженості S_k визначається за формулою

$$S_k = \frac{\lambda_{\max}^k - L}{L - 1}, \quad (5)$$

де: L – розмірність матриці, яка визначається кількістю рядків або стовпчиків: $L=N$ – для матриці A і $L=M$ для матриць B_k , при цьому для $L \leq 2$ $W_k=0$ (табл. 4)

λ_{\max}^k – найбільше власне число для відповідної матриці (A або B_k), яке визначається за формулою

$$\lambda_{\max}^k = \sum_{j=1}^L \sum_{i=1}^L X_{ij}^k \cdot A_i^k, \quad (6)$$

де використані величини, позначення яких наведені у формулі (3). Іншими словами, індекс погодженості в кожній матриці і для всієї ієрархії можна вирахувати в такий спосіб: спочатку сумується кожний стовпчик суджень, потім сума першого стовпчика множиться на величину першої компоненти нормованого вектора пріоритетів, сума другого стовпчика – на другу компоненту і т.д. Далі отримані числа сумуються і отримуємо величину, яка позначена як λ_{\max} . Якщо всі вираховані за формулою (4) $W_k \leq 0.1$, то вихідна інформація вважається погодженою. В деяких випадках можна допускати $W_k \leq 0.2$, але не більше. Якщо W_k виходить за дані границі, то експертам потрібно переглянути свої судження (внести корекцію) щодо заповнення матриць, оскільки вони є неприпустимо спотвореними.

Заключним етапом МАІ є визначення глобальних (визначальних) пріоритетів для кожного з M зразків ВВТ за формулою:

$$G_n = \sum_{i=1}^N A_i^0 \cdot A_n^i, \quad n=1, 2...M \quad (7)$$

де A_i^0, A_n^i – компоненти нормованих власних векторів локальних пріоритетів, визначених за формулою (3).

Знайдені за формулою (7) глобальні пріоритети для кожного з зразків ВВТ ранжуються (розміщаються у порядку зростання величин G_n). Отриманий порядок є ранжуванням оцінок технічного рівня зразків ВВТ, що порівнюється з врахуванням всіх обраних для порівнянь показників.

МАІ відноситься до експертних методів оцінки технічного рівня, так як парні порівняння показників здійснюють компетентні особи (експерти). Для об'єктивності суджень експертів кількісні дані всіх одиничних показників згідно сертифікаційної моделі ВВТ можна отримати з відомості відповідності при проведенні державних приймальних або контрольних випробувань ВВТ. Тому експертам залишається об'єктивно провести операцію трансформації шкал, тобто перевести кількісні дані в шкалу відносної важливості 1/9 ... 9.

Отже, використання методу аналізу ієрархій на базі зворотносиметричної шкали при оцінці технічного рівня продукції суттєво підвищує точність експертних оцінок показників якості.

Література

1 Петришин І.С. Сертифікаційна модель лічильника газу // Методи та прилади контролю якості. – 2000. – № 6. – С. 54-57.

2 Петришин І.С., Середюк Д.О. Аналіз комплексного показника якості турбінних лічильників газу // Приладобудування 2004: стан і перспективи: Зб. наукових праць третьої науково-практичної конференції – К.: НТТУ „КПІ”, 2004. – С. 242-243.

3 Середюк Д.О., Кісіль І.С. Методика визначення коефіцієнтів вагомості складових комплексного показника якості лічильників газу. // Методи та прилади контролю якості. – 2005. – № 15. – С. 12-15.

4 Саати Т.К., Кернс К.П. Аналитическое планирование. Организация систем: Пер. с англ. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.

5 Saaty Thomas L. (1980) The Analytic Hierarchy Process. New York: McGraw-Hill.

6 Азгальдов Г.Г., Эрахман.П. О кваліметрії. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 171 с.

7 Федюкин В.К., Дурнев В.Д., Лебедев В.Г. Методы оценки и управления качеством промышленной продукции: Учебник. Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2001. – 328 с.

УДК 502.064.3

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ СИСТЕМ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОЦІНКИ У СВІТІ І В УКРАЇНІ

Я.О.Адаменко, Т.В.Кундельська, М.М.Николяк

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул.Карпатська, 15, тел. (0342) 505942
e-mail: ecology@nimg.edu.ua

Изучено возникновение и развитие концепции экологической оценки во времени и в различных странах мира. Показаны отличительные особенности формирования системы экологической оценки в странах Бывшего Советского союза. Выделены отличия между системами экологической оценки в США/Западной Европе и в Украине и предложены элементы, которыми можно дополнить украинскую систему ОВНС.

Environmental assessment concept occurrence and development in time and in different countries of the world were studied. Distinctive features of environmental assessment system formation in Former Soviet Union countries were shown. Differences between environmental assessment systems in the USA/Western Europe and in Ukraine were defined and elements which could be added to Ukrainian EIA system were offered.

Основою економіки, джерелом національного багатства, засобами існування суспільства є навколишнє природне середовище. Безпека цих засобів існування залежить від сталого управління ресурсною базою держави. Одним з інструментів досягнення цього є екологічна оцінка (ЕО) діяльності, що планується.

Метою екологічної оцінки є забезпечення прийнятності, з точки зору впливу на навколишнє природне середовище, проектів, планів розвитку, програм і т. ін. Екологічна оцінка - процес планування, який використовується для прогнозу, аналізу і інтерпретації значних впливів на навколишнє середовище діяльності, яка планується. Це також процес накопичення інформації, що може використовуватися для прийняття остаточного рішення. Екологічна оцінка проводиться для запобігання або мінімізації несприятливих впливів, одночасно вона допомагає країнам оцінити реальний потенціал їх ресурсів, та переваги діяльності, яка планується.

Системи екологічної оцінки порівняно молоді та швидко розвиваються. Їх становлення за Норманом Лі [1], розвиток екологічних оцінок

йшов „хвилеподібно”. Розрізняють три стадії чи „хвилі” розвитку систем екологічної оцінки. Перша стадія розпочалася після підписання 1 січня 1970 р. президентом США „Закону про національну політику в галузі навколишнього середовища”. Цей закон зобов'язав федеральні відомства враховувати при прийнятті рішень екологічні наслідки запланованої діяльності.

Наступна хвиля поширення систем екологічних оцінок пов'язана з їх виходом за межі північноамериканських законодавчо-адміністративних систем. Системи ЕО поширилися у Франції, Шотландії, Нідерландах, а 3 липня 1985 р. була оформлена Директива ЄС [2] про екологічну оцінку. Ця Директива вимагала від національних урядів включення процедури ЕО в процес прийняття рішень за певними типами проектів. До кінця 80-х років країни ЄС прийняли нові чи змінили існуючі закони відповідно даній Директиві.

Наступна хвиля поширення ЕО пов'язана, в першу чергу, з підписанням в м. Еспо (Фінляндія), тридцятьма європейськими країнами, в тому числі й Україною, Конвенції „Про оцінку