

УДК 006: 658.516

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТАНДАРТНИХ МІР З МІРАМИ, ПОБУДОВАНИМИ ЗА МЕТОДОМ “ОПТИМАЛЬНИХ СТРУКТУРНИХ ВІДНОШЕНЬ”

© Ореста Бандирська, 2002

Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра “Метрологія, стандартизація та сертифікація”,  
вул. С. Бандери, 12, 79013, Львів, Україна

*Описано метод поліпшення характеристик мір на основі побудови безнадлишкових шкал та багатозначних мір. Отримані відповідні вирази і графічні залежності.*

*Описан метод улучшения характеристик мер на основе построения безизбыточных шкал и многозначных мер. Получены соответствующие выражения и графические зависимости.*

*The method for improving the operating characteristics of measures based on design of non-redundant scales and multidimensional measures is investigated in this paper. The appropriate expression and diagrammatic dependence is found.*

Забезпечення якості продукції сьогодні вимагає вдосконалення нормативної бази та механізмів її застосування у всіх сферах науково-технічної політики України. Все вагомішого значення набувають питання, пов'язані з ефективним використанням інформації під час виготовлення продукції, підвищенням рівня уніфікації та зростанням ефективності експлуатації виробів, створенням нових перспективних засобів та методів відтворення фізичних величин.

Оптимізація і вдосконалення нормативної бази та механізмів її застосування в метрології, інформаційно-вимірвальній техніці, зв'язку, виробництві, торгівлі за допомогою впровадження комбінаторних методів оптимізації вирішує проблему підвищення якості засобів вимірювання та відтворення інформації.

Зростаючі вимоги до точності, чутливості, надійності, швидкодії, завадостійкості засобів вимірювання відображено в державних і галузевих стандартах [1]. Серед нестандартних підходів слід згадати недавно впроваджений в практику проектування систем з нееквідистантною структурою принцип "оптимальних структурних відношень", який став основою для розроблення ефективних методів розв'язування деяких технічних задач [2]. Це дає змогу проектувати технічні пристрої та системи з поліпшеними технічними характеристиками за експлуатаційними даними, діапазоном роботи, функціональними можливостями. Важливою і актуальною проблемою є дослідження й використання комбінаторних моделей та методів оптимізації для вдосконалення нормативної бази виробництва, експлуатації і торгівлі для забезпечення конкурентоспроможності національної продукції на світовому ринку.

Оптимізація наборів мір пов'язана з удосконаленням об'єднання частин у ціле та пошуком оптимальних структурних пропорцій. Можуть бути різноманітні формулювання задач залежно від вибраного критерію оптимізації.

Важливого значення набувають дослідження безнадлишкових рядів та наборів на оптимальних структурних пропорціях, коли враховуються не лише співвідношення вагових значень базових мір у наборі, але й взаємне розміщення, взаємодія та спосіб їх комутації під час функціонування.

Найвні оптимальні системи вагових значень мір належать здебільшого до категорії невпорядкованих наборів. Нині спеціалісти багатьох областей науки і техніки все більше уваги приділяють питанням, пов'язаним з вирішенням різного роду оптимізаційних задач на впорядкованих наборах та рядах, наприклад, під час проектування багатозначних мір.

Багатозначні міри охоплюють великий клас сучасних засобів вимірвальної техніки – від звичайних лінійок з обмеженою кількістю поділок до складних пристроїв вимірювання та контролю з широким діапазоном відліку значень вимірюваних величин.

Одним із шляхів удосконалення таких пристроїв є усунення надлишкової кількості елементів та взаємозв'язків між ними [3].

Порівняльну характеристику стандартних мір та мір, побудованих за принципом ОСВ, зручно проілюструвати на кутомірі з безнадлишковою шкалою. За допомогою чотирьох позначок (0, 1, 4, 6) можна здійснювати відлік будь-якої кутової відстані в діапазоні

0–360 град. з кроком  $360/13$  град. Позначки ділять всю шкалу на 4 частини так, що кутові відстані між сусідніми позначками дорівнюють відповідно  $360/13$ ,  $3 \cdot 360/13$ ,  $2 \cdot 360/13$ ,  $7 \cdot 360/13$  град. Це дає змогу реалізувати 13 значень кутової відстані за допомогою шкали з чотирма поділками (рис. 1).

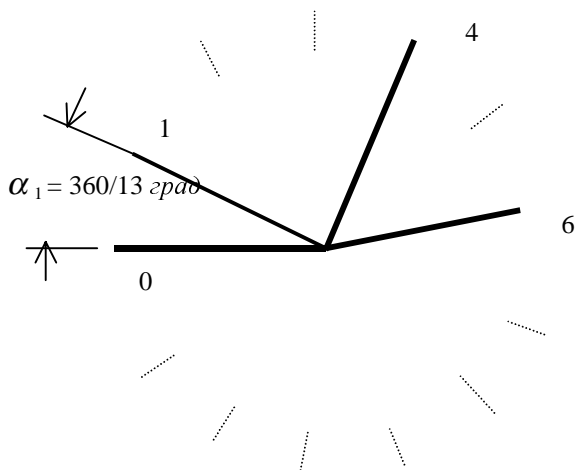


Рис. 1. Схема безнадлишкової шкали кутоміра з позначками: 0, 1, 4, 6

Для порівняльного аналізу багатозначних мір із стандартною надлишковою та безнадлишковою шкалами необхідно дослідити, як особливості будови та структурної організації цих мір впливають на їх метрологічні та експлуатаційні характеристики. До таких залежностей належать співвідношення між кількістю  $n$  поділок шкали багатозначної міри й загальною кількістю  $G$  градацій діапазону вимірювань, в межах якого пронормовані похибки цього засобу вимірювань.

Для стандартних багатозначних нерегульованих мір (наприклад, лінійка з поділками) кількість  $n$  поділок, як правило, збігається із загальною кількістю  $G_s$  градацій, тобто в цьому випадку маємо тривіальну залежність:

$$G_s = n. \quad (1)$$

#### Теоретична залежність кількості $G$ градацій багатозначної міри з круговою безнадлишковою шкалою від кількості $n$ поділок цієї шкали

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	15	20	25	30
$G$	3	7	13	21	31	43	57	73	91	211	381	601	871

На відміну від стандартних багатозначних мір для лінійки з безнадлишковою шкалою кількість  $G_i$  градацій діапазону вимірювань обчислюється як максимально можлива кількість різних способів реалізації величини, що відтворюється цією мірою за наявності шкали з  $n$  поділками.

Для зручності порівняльного аналізу введемо критерій для оцінки ефективності отриманих результатів згідно із запропонованим підходом. Назвемо цей критерій “градуювальна ефективність багатозначної міри”, позначаючи далі його символом  $E$ .

Градуювальна ефективність багатозначної міри обчислюється як відношення кількості градацій нестандартної та стандартної багатозначних мір за наявності фіксованої кількості поділок шкали у порівнюваних мірах, що ілюструється такою залежністю:

$$E = G_i/G. \quad (2)$$

Для багатозначних мір з кільцевою безнадлишковою шкалою на  $n$  поділок максимально можлива кількість способів відтворення різних значень величини за допомогою цієї шкали дорівнює загальній сумі усіх упорядкованих комбінацій з  $n$  по два, збільшеній на одиницю, що відповідає такій залежності [3]:

$$G = n(n-1) + 1. \quad (3)$$

Теоретична залежність кількості  $G$  градацій багатозначної міри з круговою безнадлишковою шкалою від кількості  $n$  поділок цієї шкали ( $n = 2-30$ ) ілюструється таблицею.

З таблиці можна побачити, що зі збільшенням кількості поділок кругової безнадлишкової шкали кількість градацій багатозначної міри швидко зростає, і вже при значенні  $n = 10$  ефективність міри за критерієм  $E$  зростає більше ніж в 9, а при  $n = 20$  – в 19,5 раза.

За результатами розрахунку числових параметрів  $G_i$ ,  $E$  побудуємо графік, який ілюструє залежність цих параметрів від  $n$  поділок шкали (рис. 2).

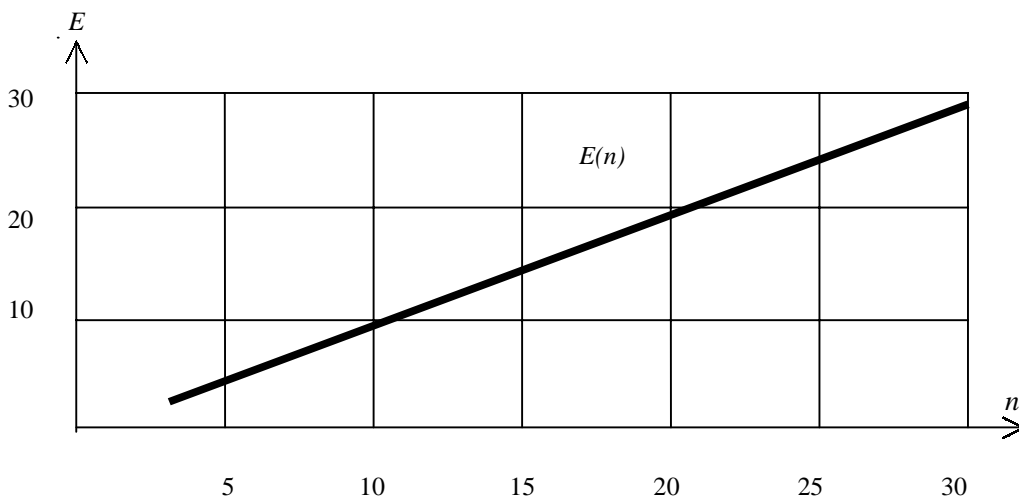


Рис. 2. Залежність параметрів  $G_i$ ,  $E$  від  $n$  поділок шкали

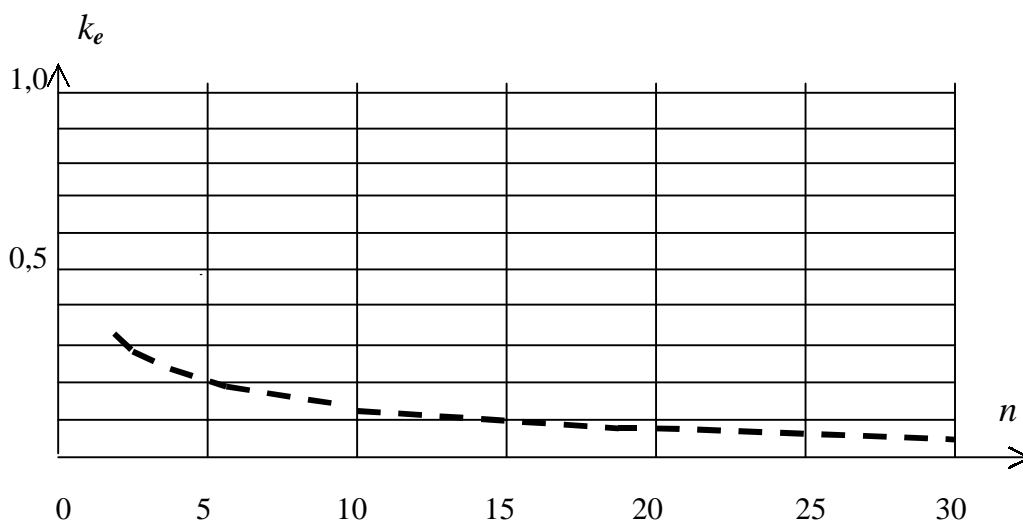


Рис. 3. Графічна залежність кількості градацій  $G_i$  від кількості багатозначних мір з круговою шкалою, побудованих на стандартному та безнадлишковому числових рядах

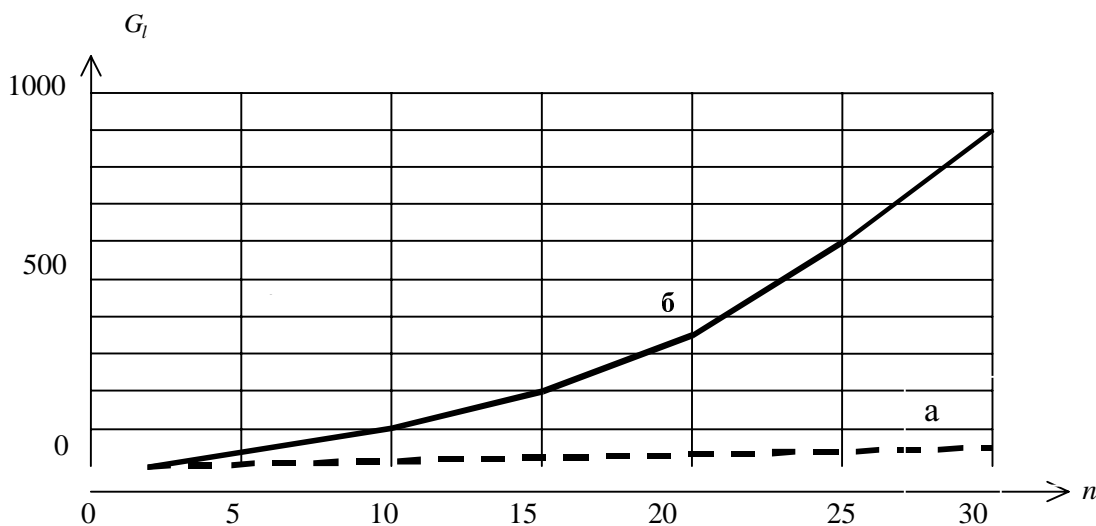


Рис. 4. Графічна залежність кількості градацій  $G_i$  від кількості  $n$  базових мір порівнюваних багатозначних мір з рівномірною (а) та нееквідистантною (б) круговими шкалами

Прикладом елементарної багатозначної міри зі стандартною круговою шкалою є кутомір з чотирма ( $n=4$ ) поділками, позначки якої розміщені рівномірно на відстанях  $90 \text{ град.}$  одна від одної. Така міра дає змогу відтворювати ряд значень кутової відстані, який включає три ( $K=n-1=3$ ) ненульові розміри ( $90, 180$  і  $270 \text{ град.}$ ) і стільки ж рівномірно зростаючих (гармонійних) співвідношень між розмірами двох суміжних кутів як частин усієї шкали ( $1/3; 2/2; 3/1$ ). Порівняльна оцінка ефективності рядів щодо можливості їх використання для уніфікації багатозначних мір здійснюється за коефіцієнтом ефективності  $k_e$ :

$$k_e = K/G, \quad (4)$$

де  $K$  – кількість відтворюваних мірою нерівнозначних розмірів, пропорційних до натурального ряду,  $G$  – кількість усіх можливих способів відтворювання розмірів за допомогою багатозначної міри, побудованої за вибраним числовим рядом.

На рис. 3 наведена графічна залежність коефіцієнта ефективності  $k_e$  ряду для утворення стандартної багатозначної міри з рівномірно розміщеними поділками на круговій шкалі залежно від кількості  $n$  поділок, з якої видно, що коефіцієнт ефективності зменшується обернено пропорційно до зростання кількості поділок. На відміну від вищезгаданого, у разі використання запропонованого ряду  $K=G$ , і, отже, для цього ряду  $k_e=1$ , незалежно від числа  $n$ .

З графічної залежності (рис. 3) видно, що кількість градацій багатозначних мір з нееквідистантною круговою шкалою в  $n-1$  разів перевищує кількість градацій стосовно мір з рівномірною круговою шкалою за наявності фіксованої кількості  $n$  базових мір. Наприклад, кутова міра з чотирма ( $n=4$ ) позначками на рівномірній круговій шкалі  $0, 90, 180$  і  $270 \text{ град.}$ , що відповідає числовому ряду  $(1,1,1,1)$ , дає змогу відтворювати кутові розміри з кроком  $90 \text{ град.}$ , в той час як на безнадлишковій шкалі з такою самою кількістю поділок (рис.1), що відповідає ряду  $(1,3,2,7)$ , – 12 розмірів (від  $360/13$  до  $12 \cdot 360/13 \text{ град.}$ ) з більш ніж втричі меншим кроком дискретизації –  $360/13 \text{ град.}$  У

стільки ж разів розширюється діапазон реалізації ряду гармонійних співвідношень розмірів двох суміжних кутів:  $1/12, 2/11, 3/10, 4/9, 5/8, 6/7, 7/6, 8/5, 9/4, 10/3, 11/2, 12/1$ .

З вищевикладеного випливає, що кількість градацій багатозначних мір з нееквідистантною круговою шкалою в  $n-1$  разів перевищує кількість градацій стосовно мір з рівномірною круговою шкалою за наявності фіксованої кількості  $n$  базових мір.

Дослідження підтверджують доцільність впровадження методу “оптимальних структурних відношень” (ОСВ) для підвищення якісного рівня державної стандартизації. Метод дає змогу зменшити надлишковість багатозначних мір, побудованих за допомогою впорядкованих числових рядів, утворених на вищезгаданих співвідношеннях, та досліджувати можливості їх застосування для поліпшення техніко-економічних показників виробництва та забезпечення належної якості продукції. Запропонований метод відтворювання фізичних величин на безнадлишкових багатозначних мірах дає змогу в  $n-1$  разів розширити діапазон відтворювання величин порівняно з аналогічними стандартними багатозначними мірами, які нині використовуються, без необхідності збільшення загальної кількості  $n$  базових мір та градацій. За допомогою цього методу також вдається зменшувати або й повністю усувати надлишковість багатозначних мір з круговою шкалою, що є вельми корисним аспектом його використання для стандартизації рядів, і підтверджується прикладами синтезу ряду пристроїв інформаційно-вимірвальної техніки з використанням безнадлишкових мір, внаслідок чого поліпшуються якісні показники пристроїв за надійністю, діапазоном роботи, функціональними можливостями.

1. ГОСТ 8032-84 Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел. 2. Різник В.В. Синтез оптимальних комбінаторних систем. Львів, 1989. 3. Bandyrska O., Riznyk W. Non-redundant multi-valued measures and optimization of reference group, Proc. of the 4<sup>th</sup> Central European Conference on Numerical Methods and Computer Systems in Automatic Control and Electrical Engineering (IV MSKAE 2001), Czestochowa-Poraj, Poland, 2001, P.99-100.