

Якість оцінюваної продукції Y дорівнює сумі Y_i за всіма показниками якості і може бути записана

$$Y = \sum Y_i e^{i\psi},$$

де ψ – фаза якості.

$$Y = j_1 + j_2 + \dots + j_n$$

максимальне значення фази якості може бути

$$\operatorname{tg} Y = \frac{1}{\sum x_{ie}},$$

де $\sum_{i=1}^n x_{ie}$ – сума відносних значень показників якості еталонного (базового) зразка, однотипного з оцінюваним.

Якщо прийняти, що кожен показник якості еталонної продукції однаково впливає на якість загалом і рівнозначний з іншими показниками, та стосовно усієї іншої продукції цього типу, а $\sum_{i=1}^n x_{ie} = 1$, то фаза (кут) якості дорівнюватиме 45° .

За таких умов ми завжди маємо значення вектора якості та фази якості. Тобто якість можна характеризувати декількома характеристиками, а саме вектором якості, фазою якості та відносним значенням якості порівняно з еталоном.

$$Y_e = Y_\Sigma \sin \psi, = \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{x_{ie}} \sin \psi,$$

$$\text{або } Y_e = \frac{Y_\Sigma}{Y_{\Sigma e}}.$$

1. Mehr Schatten als Licht Spezialstaubsauger // Test. – №8. – 2001. – S.55–57. 2. Дмитренко Г.А., Шарапатова Е.А., Максименко Т.М. Мотивация и оценка персонала: Учебное пособие. –К.: МАУП, 2002. –248 с. 3. Справочник потребителя. Научно-исследовательский Центр независимых потребительских экспертиз ТЕСТ. (<http://www/test.org.ua>). 4. Левшина В.В., Малахова Ю.Г., Репях С.М., Левина Л.Ф. Сравнение качества писчей бумаги отечественных и зарубежных производителей. Сибирский государственный университет, Красноярск (Россия) E-mail: repyakh@sibstu.kts.ru.

УДК 006.83:658.56

МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ТА ВІДПОВІДНОСТІ ПРОДУКЦІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІРТУАЛЬНОЇ МІРИ ЯКОСТІ

Ї Мотало Андрій¹, Мотало Василь², 2008

¹ ГПУ “Львівгазвидобування”, вул. Рубчака, 27, Львів, 79026, Україна,

² Національний університет “Львівська політехніка”, кафедра інформаційно-вимірювальних технологій, вул. С. Бандери, 12, Львів, 79013, Україна

Розглянуто і проаналізовано методологію оцінювання якості та відповідності продукції з використанням віртуальної міри якості, побудованої на основі базового профілю якості. Методологія ґрунтується на принципах кваліметрії з використанням зваженої евклідової моделі багатовимірного шкалювання.

Рассмотрена и проанализирована методология оценивания качества и соответствия продукции с использованием виртуальной меры качества, построенной на основе базового профиля качества.

Методология основана на принципах кваліметрії с использованием взвешенной евклидовой модели многомерного шкалирования.

In the article the methodology of evaluation for conformity and product quality with using of virtual quality measure, created on the basic quality profile, is considered and analyzed. The methodology is based on qualimetry principles with using of weighted Euclidean model of multidimensional scaling.

Вступ. В умовах глобалізації світового ринку проблема якості продукції, зокрема, стратегічної, сьогодні стає все актуальнішою, оскільки лише

високоякісна продукція може бути конкурентоспроможною. Відповідно зростають вимоги до методик оцінювання якості продукції.

Згідно з ДСТУ 2925-94 [1] *якість продукції* – це сукупність характеристик продукції, які стосуються її здатності задовольняти встановлені і передбачені потреби. Для практичного оцінювання якості продукції користуються *показниками якості*, які є кількісними оцінками однієї чи декількох властивостей продукції, що характеризують її якість.

Кількісне оцінювання якості продукції є предметом вивчення *кваліметрії* як розділу метрології, в якому власне і розглядаються питання оцінювання якості продукції [2]. Однак в кваліметрії, як у новому напрямі розвитку метрології, є ціла низка проблем методологічного характеру, аналіз і шляхи вирішення яких і зумовили тематику статті.

1. Проблеми методології кваліметричних вимірювань. *Кваліметричні вимірювання* загалом складаються з двох основних етапів:

- *вимірювання різних характеристик (властивостей)* досліджуваної продукції – механічних, просторових, електричних, магнітних, теплових, хімічного складу тощо;

- *оцінювання якості продукції* шляхом визначення показників якості на основі отриманих результатів вимірювань відповідних характеристик чи властивостей досліджуваної продукції.

Основою будь-якого вимірювання є порівняння вимірюваної величини з мірою, яка зберігає і відтворює певну фізичну величину заданого значення [3]. Специфікою кваліметричних вимірювань є відсутність конкретних фізичних мір якості тієї чи іншої продукції, що, власне, і становить основну проблему реалізації цих вимірювань.

Сьогодні реально існує методологічне забезпечення вимірювання окремих характеристик (властивостей) тієї чи іншої продукції, за якими оцінюють якість продукції, а методологічне забезпечення вимірювання якості продукції в комплексному розумінні цього терміна практично відсутнє, навіть за умови, що значення відповідних характеристик виміряні достатньо достовірно.

2. Основні завдання досліджень і формулювання цілі статті. Зазначена вище специфіка кваліметричних вимірювань і зумовила тематику цієї роботи. Предметом розгляду і основними завданнями досліджень статті є такі:

- аналіз сучасних методик оцінювання якості продукції та перспектив їхнього розвитку;

- формулювання основних проблем кваліметрії;
- означення кваліметричної задачі;
- розроблення методики розв'язання кваліметричної задачі з використанням віртуальної міри якості.

3. Методологія вирішення проблем реалізації кваліметричних вимірювань.

3.1. Основні проблеми кваліметрії. Аналіз сучасних методик оцінювання якості продукції та перспектив їхнього розвитку дав змогу сформулювати основні проблеми їх методологічного забезпечення, які доцільно розглядати на трьох рівнях відповідно до загальних проблем кваліметрії: теоретичному, практичному та законодавчому.

Основними *теоретичними проблемами* кваліметрії доцільно вважати такі:

- обґрунтування вибору, встановлення складу та систематизація показників якості досліджуваної продукції і розподіл їх за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів;

- встановлення функціональних чи кореляційних залежностей між показниками якості та відповідними властивостями досліджуваної продукції;

- встановлення вимог до точності визначення показників якості досліджуваної продукції;

- встановлення вимог до точності вимірювання окремих властивостей продукції відповідно до необхідної точності визначення показників її якості;

До *практичних проблем* кваліметрії належать:

- розроблення нових і вдосконалення існуючих методів вимірювань властивостей досліджуваної продукції, необхідних для визначення показників її якості;

- вибір та проектування засобів вимірювальної техніки, необхідних для реалізації розроблених методів вимірювань відповідних властивостей досліджуваної продукції;

- розроблення методик виконання кваліметричних вимірювань;

- розроблення методик опрацювання результатів кваліметричних вимірювань з метою визначення показників якості досліджуваної продукції.

На *законодавчому рівні* доцільно вирішити такі проблеми:

- розроблення та впровадження необхідних нормативно-технічних документів (НТД) і стандартів для регламентації і визначення показників якості продукції;

- гармонізацію національних стандартів України, які регламентують розв'язання поставлених вище задач, з відповідними міжнародними стандартами.

3.2. Означення кваліметричної задачі. Метою кваліметричної задачі є оцінювання якості досліджуваної продукції. Розв'язання цієї задачі доцільно здійснювати такими етапами:

- вибір оптимальної системи менеджменту якості продукції для встановлення складу та систематизації показників якості досліджуваної продукції;
- розподіл показників якості за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів;
- розроблення методики визначення окремих показників якості досліджуваної продукції і формування профілів якості;
- створення віртуальної міри якості досліджуваної продукції;
- розроблення методики визначення рівня якості продукції з використанням віртуальної міри якості.

4. Теоретичні засади методології побудови системи оцінювання якості і відповідності продукції.

4.1. Вибір оптимальної системи менеджменту якості продукції. Система менеджменту якості – це частина системи менеджменту організації, спрямована на отримання результатів, необхідних для задоволення потреб та вимог зацікавлених сторін згідно із завданнями у сфері якості. Нормативно-технічною базою створення сучасних систем якості є міжнародні стандарти серії ISO 9000. В Україні чинними є стандарти серії ДСТУ ISO 9000, зокрема, стандарти ДСТУ ISO 9001- 2001 [4].

Однією із найсучасніших систем якості є система менеджменту якості на базі концепції “*six sigma*” [5], зокрема її модель DMAIC, згідно з якою в процесі управління якістю передбачається реалізація таких етапів: Define (визначення), Measure (вимірювання), Analyze (аналіз), Improve (поліпшення), Control (управління).

На етапі “*визначення*” встановлюють контекст проекту створення системи якості, формулюють проблеми і задачі, визначають пріоритетні напрями дій для досягнення успіху.

На етапі “*вимірювання*” вибирають ряд властивостей (характеристик) досліджуваного об'єкта, які найповніше визначають його якість, вибирають методи вимірювання цих властивостей та необхідні

засоби вимірювальної техніки, проводять відповідні вимірювання та опрацювання результатів вимірювань. Фактично на цьому етапі здійснюють систематизацію показників якості досліджуваної продукції за групами призначення та визначення їхніх числових значень.

На етапі “*аналіз*” на основі результатів вимірювань встановлюють залежність *причина – дефект* в процесі чи системі, тобто визначають функціональну залежність $Y = f(X_i)$ між вихідним параметром системи Y , яким є вимірюваний показник якості досліджуваного об'єкта, і вхідними параметрами (факторами) $X_i, i = 1, \dots, n$, необхідними для одержання вихідного параметра Y .

На етапі “*поліпшення*” здійснюють поліпшення вхідних параметрів системи X_i для одержання очікуваного (бажаного) значення вихідного параметра Y , тобто поліпшують конкретні характеристики продукції. Потім ці характеристики діагностують, виявляють основні джерела змін і здійснюють ключові зміни в проекті системи якості.

На етапі “*управління*” документується остаточно розроблена система якості і здійснюється спостереження за нею за допомогою статистичних методів аналізу. Впроваджуються методи контролю системи якості і моніторинг виконання доведених результатів. Залежно від отриманих результатів моніторингу системи якості можливе подальше її вдосконалення, тобто повернення до попередніх етапів процесу.

Досягнення мети в системі менеджменту якості на основі концепції “*six sigma*” здійснюється за принципом CTQ – “*critical – to – quality*”. Отже, на цьому етапі найперше слід означити та систематизувати показники якості досліджуваної продукції і розподілити їх за групами залежно від функціонального призначення продукції і потреб споживачів, як, наприклад, були систематизовані і розподілені показники якості природного газу [6].

4.2. Методика систематизації показників якості продукції. Кожна продукція, має певні властивості. *Властивістю продукції* називають її об'єктивну особливість, яка може проявлятися при розробленні, виготовленні, експлуатації або споживанні продукції [1]. Предметом нашого розгляду є *показники якості* продукції, які є кількісними оцінками одної чи декількох її властивостей.

В процесі встановлення номенклатури показників якості досліджуваної продукції та їхньої систематиза-

ції відповідно до концепції кваліметрії насамперед необхідно проаналізувати ті її властивості, які входять до складу якості продукції і забезпечують можливість оцінювання рівня її якості, зокрема, при розробленні, виготовленні, експлуатації або споживанні продукції.

Крім цього, при встановленні номенклатури показників якості продукції доцільно врахувати дві взаємно протилежні вимоги [7]: з *одного боку*, кількість показників повинна бути достатньо великою, щоб дійсно давати об'єктивну оцінку якості продукції, а з *іншого* – велика кількість показників ускладнює встановлення відповідності. Отже, кількість показників якості продукції повинна бути оптимальною і до їх складу, насамперед, повинні входити ті показники, які найповніше характеризують якість продукції залежно від її функціонального призначення і потреб споживачів.

Також потрібно врахувати такий принцип кваліметрії, за яким *якість* передовсім – це ступінь відповідності встановленим вимогам, якими б вони не були. Отже, вимоги до рівня якості продукції, тобто до числових значень показників її якості, також повинні бути оптимальними – з *одного боку*, вони повинні відповідати сучасним вимогам світового ринку, а з *іншого* – не бути надмірно високими, тобто недосяжними для практичної реалізації.

Виходячи із виконаного вище аналізу і враховуючи призначення та умови використання продукції, потреби споживачів та вимоги до показників якості, доцільно встановити такі *групи показників якості* досліджуваної продукції:

- показники призначення;
- показники технологічності;
- показники надійності;
- економічні показники;
- показники транспортабельності;
- естетичні показники;
- екологічні показники;
- показники безпеки.

4.3. Методика формування елементів системи оцінювання якості та відповідності продукції з використанням віртуальної міри якості. На практиці якість та відповідність будь-якого досліджуваного об'єкта встановленим вимогам визначають експериментальними методами вимірюванням його якісних характеристик.

Як було зазначено в п.1, специфікою кваліметричних вимірювань є відсутність конкретних фізичних

мір якості тієї чи іншої продукції, а наявні базові (стандартні) зразки досліджуваної продукції не завжди відповідають метрологічним вимогам, які ставляться до мір, що, власне, і становить основну проблему оцінювання якості і відповідності продукції. Тому для реалізації процедури кваліметричних вимірювань доцільно використати *віртуальну міру якості* продукції, тобто теоретичний аналог відповідної фізичної міри якості.

Розглянемо детальніше методологію побудови *віртуальної міри якості* продукції і оцінювання її якості з використанням такої міри.

Безпосереднє оцінювання рівня якості продукції в кваліметрії зазвичай здійснюють *комплексним методом* за одним із двох узагальнених показників якості – *комплексним показником якості* або *профілем якості* [8;9].

Як впливає із виконаного авторами аналізу, оцінювання рівня якості продукції доцільно здійснювати за *профілем якості*, як сукупності одиничних показників її якості [10], оскільки він значно повніше відображає якість продукції, ніж комплексний показник якості.

Профілі якості досліджуваної продукції доцільно *систематизувати* за такими ознаками:

1) *Залежно від призначення* профілі якості поділяються на:

- *оцінювані профілі якості*, в яких числові значення одиничних показників якості, з яких складаються ці профілі, визначають експериментально вимірюванням відповідних властивостей досліджуваної продукції;

- *базові профілі якості*, з якими здійснюють порівняння оцінюваних профілів якості продукції під час визначення рівня її якості. Числові значення одиничних показників якості продукції, з яких складаються базові профілі якості, визначають теоретичними розрахунками залежно від функціонального призначення досліджуваної продукції і потреб споживачів.

Отже, базовий профіль якості можна вважати *віртуальною мірою якості* досліджуваної продукції.

2) *Залежно від повноти відображення якості* досліджуваної продукції профілі якості поділяються на:

- *комплексні профілі якості*, які відображають якість досліджуваної продукції як цілісного об'єкта;

- *групові профілі якості*, які формують для кожної групи показників якості досліджуваної

продукції зокрема залежно від її функціонального призначення і потреб споживачів.

Комплексний базовий профіль якості досліджуваної продукції $П_{KB}$ формуємо як сукупність комплексних зважених базових показників її якості $P_{KB,j}$, $j=1,2,\dots,n$, визначених для кожної із n груп одиничних показників відповідно до п. 4.2.:

$$П_{KB} = \{P_{KB,1}; P_{KB,2}; \dots; P_{KB,n}\}. \quad (1)$$

Комплексний зважений базовий показник якості досліджуваної продукції $P_{KB,j}$ в кожній із n груп визначаємо як середній зважений арифметичний показник із одиничних базових показників якості за формулою

$$P_{KB,j} = \sum_{i=1}^p P_{\delta,j,i} \cdot J_{ji}, \quad (2)$$

де $P_{\delta,j,i}$ – значення i -го ($i = 1,2,\dots,p$) одиничного базового абсолютного показника якості j -ї групи показників; p – кількість одиничних показників j -ї групи; J_{ji} – нормалізований коефіцієнт вагомості показника $P_{\delta,j,i}$, тобто в кожній j -й групі показників

$$\sum_{i=1}^p J_{ji} = 1.$$

Групові базові профілі якості досліджуваної продукції $П_{ГБ,j}$, $j=1,2,\dots,n$ для кожної із n груп показників якості продукції формуємо як сукупність одиничних зважених базових показників якості $P_{зв,\delta,j,i}$:

$$П_{ГБ,j} = \{P_{зв,\delta,j,1}; P_{зв,\delta,j,2}; \dots; P_{зв,\delta,j,p}\}, \quad (3)$$

де $P_{зв,\delta,j,i} = P_{\delta,j,i} \cdot J_{ji}$, $i = 1,2,\dots,p$. (4)

Числові значення одиничних базових абсолютних показників якості досліджуваної продукції $P_{\delta,j,i}$, використаних при обчисленні комплексних базових $P_{KB,j}$ та одиничних зважених базових $P_{зв,\delta,j,i}$ показників якості і формуванні комплексного базового профілю якості $П_{KB}$ та групових базових профілів якості $П_{ГБ,j}$ визначаємо теоретичними розрахунками з урахуванням функціонального призначення продукції, реальних її властивостей та відповідних потреб конкретного споживача продукції, а коефіцієнтів їх вагомості J_{ji} – одним із методів [11], наприклад, методом граничних і номінальних значень [12], який оснований на нормуванні граничнодопустимих

значень відповідних показників якості досліджуваної продукції. Розмірність коефіцієнтів вагомості J_{ji} є оберненою до розмірності відповідних одиничних показників якості $P_{\delta,j,i}$.

Аналогічно за описаною вище методикою формуємо оцінювані профілі якості (комплексний $П_{КО}$ і групові $П_{ГО,j}$), тільки у (1) – (3) замість базових показників якості – комплексних зважених базових $P_{KB,j}$, одиничних базових абсолютних $P_{\delta,j,i}$ та одиничних зважених базових $P_{зв,\delta,j,i}$ використовуємо відповідно оцінювані показники якості – комплексні зважені оцінювані $P_{КО,j}$, одиничні оцінювані абсолютні $P_{o,j,i}$ та одиничні зважені оцінювані $P_{зв,o,j,i}$, а у (4) замість одиничних базових абсолютних показників якості $P_{\delta,j,i}$ використовуємо одиничні оцінювані абсолютні показники якості $P_{o,j,i}$, визначені експериментально вимірюванням відповідних властивостей досліджуваної продукції за шкалами інтервалів чи відношень [2]. Числові значення коефіцієнтів вагомості J_{ji} в обох випадках повинні бути однакові.

4.4. Методи визначення рівня якості продукції.

Відповідно до ДСТУ 2925–94 [1] рівень якості продукції – відносна характеристика якості продукції, яка ґрунтується на порівнянні значень оцінюваних показників якості продукції з базовими значеннями відповідних показників.

Визначення рівня якості продукції можна здійснювати двома методами – комплексним методом, аналізуючи досліджувану продукцію як цілісний об'єкт дослідження, та груповим методом, шляхом аналізу її якості в кожній із функціональних груп зокрема. В обох випадках використовуємо віртуальні міри якості продукції, тобто відповідні базові профілі якості продукції, побудовані за методикою, описаною в п.4.3.

Під час комплексного оцінювання якості продукції здійснюємо порівняння комплексного оцінюваного профілю якості досліджуваної продукції $П_{КО}$ з комплексним базовим профілем якості $П_{KB}$, а у випадку групового оцінювання якості продукції – порівнюємо оцінювані профілі якості досліджуваної продукції $П_{ГО,j}$ кожної із n функціональних груп з відповідним груповим базовим профілем якості $П_{ГБ,j}$.

5. Обґрунтування можливості використання методу багатовимірного шкалювання для оцінювання якості продукції.

5.1. Методологія багатовимірного шкалювання.

Вибір методики реалізації процедури порівняння профілів якості $P_{КО}$ і $P_{КБ}$ та $P_{КО,j}$ і $P_{КБ,j}$ з подальшим аналізом отриманих даних, здійснюємо з таких міркувань.

Оскільки метою кваліметрії зазвичай є розроблення засад побудови системи менеджменту якості продукції [5], то визначення рівня її якості не є кінцевою задачею процесу, а лише проміжною ланкою, на якій отримуємо необхідну інформацію для подальшої реалізації концепції “шість сигм”, тобто після процедури “вимірювання” необхідно виконати процедури “аналіз” та “оптимізація”. Процедуру “вимірювання” реалізуємо за схемою: сталий (фіксований) емпіричний об’єкт – змінна (керована) модель, а процедуру “оптимізація” – за схемою: змінний (керований) емпіричний об’єкт – стала (фіксована) модель.

Виходячи з цих міркувань для порівняння профілів якості продукції $P_{КО}$ і $P_{КБ}$ та $P_{КО,j}$ і $P_{КБ,j}$ використовуємо методику багатовимірного шкалювання (БВШ), предметом розгляду якого є аналіз (опрацювання) даних про попарну подібність, зв’язки і відношення між об’єктами, які аналізуються, з метою представлення (зображення) цих об’єктів у вигляді точок деякого координатного простору [10].

При багатовимірному шкалюванні кожна характеристика (властивість, ознака) об’єктів має свою шкалу, яка розміщена на відповідній осі багатовимірного простору.

Отже, *вхідною інформацією* для задачі багатовимірного шкалювання є відомості про попарну близькість (подібність чи відмінність) між характеристиками об’єктів, які аналізуються, а *вихідною* – присвоєні кожній із цих характеристик числові значення на відповідних осях координат в деякій допоміжній багатовимірній системі координат, знайденої в процесі розв’язування задачі.

Основний тип даних у БВШ – це міри близькості між двома об’єктами. *Міра близькості* – це величина, визначена на парі об’єктів, яка відображає близькість чи подібність цих об’єктів. Отже, міри близькості в певній мірі є ідентичними з коефіцієнтами кореляції чи сумісними ймовірностями.

Позначимо міру близькості пари характеристик (властивостей, ознак) об’єктів i та j символом D_{ij} . Якщо міра близькості така, що великі значення D_{ij} відповідають парам найближчих чи подібних об’єктів, то D_{ij} називають *мірою подібності*. Якщо ж міра близькості така, що найбільші значення D_{ij} відповідають парам найменш близьких чи подібних об’єктів, то D_{ij} називають *мірою відмінності (різниці)*. Переважно під час опрацювання даних як міру близькості D_{ij} використовують міру відмінності (різниці).

Міру близькості D_{ij} визначають у багатовимірному факторному просторі, тобто у просторі, осі якого відповідають досліджуваним характеристикам (властивостям, ознакам) об’єктів, а точки – координати цих характеристик. Для того, щоб виміряти віддаль між цими точками, необхідно використати метрику. Отже, факторний простір у БВШ повинен бути метричним.

Метрика $d(x, y)$ являє собою невід’ємну, однозначну та дійсну функцію на множині D , визначену для будь-якої пари точок x та y із множини D ($x, y \in D$), і яка задовольняє певні умови (аксіоми) [13]:

- $d(x, y) \geq 0$ – аксіома близькості;
- $d(x, y) = 0 \Leftrightarrow x = y$ – аксіома тотожності;
- $d(x, y) = d(y, x)$ – аксіома симетрії;
- $d(x, y) + d(y, z) \geq d(x, z)$ – аксіома трикутника

(нерівність трикутника).

Множину D разом із метрикою d називають метричним простором (D, d) .

У БВШ найчастіше використовують евклідову метрику, оскільки в ній віддалі не залежать від напрямів координатних осей, що дає можливість здійснювати будь-які повороти системи координат [10].

Основою методології БВШ є оптимізація деякого заданого критерію (функціонала) якості методу аналізу даних, причому як критерій, який оптимізують, використовують підсумовування мір попарної близькості за всіма парами характеристик досліджуваних об’єктів, зокрема, мір відмінностей (різниць) заданих характеристик досліджуваних об’єктів від відповідних характеристик, визначених в шуканих координатах об’єктів.

Прикладом такого критерію є міра відповідності F в алгоритмі Торгерсона [10]. У моделі Торгерсона (дистанційній моделі) допускається, що оцінки відмінностей D_{ij} дорівнюють віддалям d_{ij} в багатовимірному евклідовому просторі. Нехай D_{ij} – міра відмінності (різниці) між двома об'єктами i та j , а x_{ik} та x_{jk} ($i = 1, 2, \dots, I; j = 1, 2, \dots, J$) – координати характеристик (властивостей, ознак) об'єктів i та j по осі k . Іншими словами, x_{ik} та x_{jk} – значення k -ї характеристики ($k = 1, \dots, p$) об'єктів i та j . Зазначимо, що кількість рядків I в матриці відмінностей дорівнює кількості стовпців J , оскільки рядки і стовпці відповідають одним і тим самим характеристикам. Тоді алгоритм Торгерсона виражається формулою:

$$D_{ij} = d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}, \quad (5)$$

де p – кількість характеристик.

5.2. Вибір моделі багатовимірного шкалювання для оцінювання якості продукції. Якість будь-якої продукції загалом залежить від всіх її характеристик чи властивостей, однак не всі ці характеристики мають однаковий вплив на її якість, зокрема, залежно від призначення продукції. Тому для оцінювання якості продукції доцільно використати *зважену евклідову модель індивідуальних відмінностей* [10], яка є розширеним варіантом дистанційної моделі Торгерсона. Суть моделі індивідуальних відмінностей полягає у врахуванні різної ваги (важливості) окремих характеристик x_{ik} , що відображається різними масштабами по відповідних осях багатовимірного факторного простору, тобто координата характеристики $x_{ik,s}$ в моделі індивідуальних відмінностей дорівнює

$$x_{ik,s} = x_{ik} \cdot w_k, \quad (6)$$

де w_k – масштаб по осі k або ваговий коефіцієнт k -ї характеристики.

Тоді зважена евклідова модель індивідуальних відмінностей виражається формулою

$$\begin{aligned} D_{ij,s} = d_{ij,s} &= \sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik,s} - x_{jk,s})^2} = \\ &= \sqrt{\sum_{k=1}^p w_k^2 (x_{ik} - x_{jk})^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Порівнюючи формули (6) і (7) з формулами (4) і (5), можна зробити висновок про можливість

використання зваженої евклідової моделі індивідуальних відмінностей для оцінювання якості продукції, оскільки масштаб w_k є еквівалентом коефіцієнта вагомості J_{ji} .

6. Визначення якості продукції за методикою багатовимірного шкалювання.

6.1. Визначення якості досліджуваної продукції з використанням зваженої евклідової моделі індивідуальних відмінностей. Як вже було зазначено в п.4.4., визначення якості продукції можна здійснювати двома методами – *комплексним методом*, аналізуючи досліджувану продукцію як цілісний об'єкт дослідження, та *груповим методом*, шляхом аналізу її якості в кожній із функціональних груп зокрема. В обох випадках використовуємо *віртуальні міри якості* продукції, тобто відповідні базові профілі якості продукції, побудовані за методикою, описаною в п.4.3.

Під час *комплексного* оцінювання якості продукції здійснюємо порівняння комплексного оцінюваного профілю якості досліджуваної продукції Π_{KO} з комплексним базовим профілем її якості Π_{KB} визначенням різниць між відповідними *зваженими комплексними оцінюваними* $P_{KO,j}$ і *базовими* $P_{KB,j}$ показниками якості продукції, а *абсолютну відмінність* $ДП_K$ між комплексними профілями Π_{KO} та Π_{KB} визначаємо як *середнє квадратичне значення* із суми квадратів отриманих різниць відповідно до (7) за формулою:

$$ДП_K = \sqrt{\sum_{j=1}^n (P_{KO,j} - P_{KB,j})^2}, \quad (8)$$

У випадку оцінювання якості продукції в окремих *групах* за її функціональним призначенням – порівнюємо групові оцінювані профілі якості досліджуваної продукції $\Pi_{ГО,j}$ кожної із n функціональних груп з відповідними груповими базовими профілями якості $\Pi_{ГБ,j}$ шляхом визначення різниць між відповідними *зваженими одиничними оцінюваними* $P_{зв,о,ji}$ і *базовими* $P_{зв,б,ji}$ показниками якості продукції, а *абсолютну відмінність* $ДП_{Г,j}$, $j = 1, 2, \dots, n$ між профілями $\Pi_{ГО,j}$ та $\Pi_{ГБ,j}$ для кожної із n функціональних груп визначаємо як *середнє*

квадратичне значення із суми квадратів отриманих різниць відповідно до (7) за формулою:

$$DП_{Г,j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{зв,о,ji} - P_{зв,б,ji})^2}. \quad (9)$$

За числовими значення відповідних абсолютних відмінностей $DП_K$ та $DП_{Г,j}$ робимо висновок про якість оцінюваної продукції. Як видно із (8) та (9), чим менші значення $DП_K$ та $DП_{Г,j}$ – тим ближчі якісні показники оцінюваної продукції до базових і, відповідно, оцінювана продукція має вищу якість. Для числового відтворення зв'язку між якістю продукції і значеннями абсолютних відмінностей $DП_K$ та $DП_{Г,j}$ необхідно створити відповідні шкали для вказаних відмінностей, що є предметом подальших досліджень.

6.2. Оцінювання якості продукції за відносними показниками якості. Для оцінювання якості продукції за описаною вище методикою доцільно використати відносні показники якості K_{ji} , які функцію двох абсолютних показників якості – оцінюваного $P_{O,ji}$ і базового $P_{B,ji}$ [14]:

$$K_{ji} = \frac{P_{O,ji}}{P_{B,ji}}. \quad (10)$$

Розглянемо методику формування профілів якості продукції з використанням відносних показників якості K_{ji} на прикладі формування групових профілів якості – базового $П_{ГБ,j}$ і оцінюваного $П_{ГО,j}$.

Згідно з (3) і (4) та методики, розглянутої в п.4.3., групові базові профілі якості досліджуваної продукції $П_{ГБ,j}$, $j=1,2,\dots,n$ для кожної із n груп показників якості продукції формуємо як сукупність *одиничних зважених базових відносних показників якості* $K_{зв,б,ji}$:

$$П_{ГБ,j} = \{K_{зв,б,j1}; K_{зв,б,j2}; \dots; K_{зв,б,jp}\}, \quad (11)$$

$$\text{де } K_{зв,б,ji} = K_{б,ji} \cdot m_{ji}; \quad i = 1,2,\dots,p. \quad (12)$$

У формулах (11) і (12) позначено: $K_{б,ji}$ – значення i -го одиничного базового відносного показника якості j -ї групи показників якості продукції; p – кількість одиничних показників j -ї групи; m_{ji} – нормалізований коефіцієнт вагомості показника

$$K_{б,ji}, \text{ тобто в кожній } j\text{-й групі показників } \sum_{i=1}^p m_{ji} = 1.$$

Аналогічно формуємо *групові оцінювані профілі якості* досліджуваної продукції $П_{ГО,j}$, $j = 1,2,\dots,n$ для кожної із n груп показників якості продукції як сукупність *одиничних зважених оцінюваних відносних показників якості* $K_{зв,о,ji}$:

$$П_{ГО,j} = \{K_{зв,о,j1}; K_{зв,о,j2}; \dots; K_{зв,о,jp}\}, \quad (13)$$

$$K_{зв,о,ji} = K_{о,ji} \cdot m_{ji}; \quad i = 1,2,\dots,p, \quad (14)$$

де $K_{о,ji}$ – значення i -го одиничного оцінюваного відносного показника якості j -ї групи показників якості продукції.

Порівняння профілів $П_{ГО,j}$ та $П_{ГБ,j}$ здійснюємо шляхом визначення різниць між відповідними *одиничними зваженими відносними оцінюваними* $K_{зв,о,ji}$ і *базовими* $K_{зв,б,ji}$ *показниками якості*, а абсолютну відмінність $DП_{Г,j}$, $j=1,2,\dots,n$ між ними для кожної із n функціональних груп визначаємо як *середнє квадратичне значення* із суми квадратів отриманих різниць відповідно до (7) за формулою:

$$DП_{Г,j} = \sqrt{\sum_{i=1}^m (K_{зв,о,ji} - K_{зв,б,ji})^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^m m_{ji}^2 (K_{о,ji} - K_{б,ji})^2}. \quad (15)$$

Як впливає із аналізу формул (10)...(15), значення абсолютної відмінності $DП_{Г,j}$ змінюється в діапазоні від 0 до 1, тобто $DП_{Г,j} \in [0;1]$, причому чим ближче значення $DП_{Г,j}$ до нуля, тим ближчі значення оцінюваних показників $K_{о,ji}$ до базових $K_{б,ji}$ і якість продукції вища.

Також треба зазначити, що, крім оцінювання якості і відповідності продукції, запропонована методологія на основі отриманих значень абсолютної відмінності $DП_{Г,j}$ дає змогу здійснювати сортування продукції і, відповідно, встановлювати різну ціну на неї залежно від її сорту.

Інформація, отримана за результатами порівнянь відповідних профілів якості досліджуваної продукції, розглянутих в п.6.1. і п.6.2., є вхідною інформацією етапу Analyze (аналіз) концепції "шість сигм". На основі отриманих результатів роблять висновок про якість досліджуваної продукції. У разі негативного результату (низького рівня якості досліджуваної

продукції) встановлюють залежність *причина – дефект* у процесі чи системі. Результати цього аналізу, своєю чергою, є вхідною інформацією етапів Improve (поліпшення) і Control (управління). Отже, запропонована методологія дає змогу повністю реалізувати процедуру кваліметричних вимірювань.

6. Висновки та перспективи подальших досліджень. 1. В умовах глобалізації світового ринку проблема якості продукції, зокрема, стратегічної, сьогодні стає все актуальнішою, оскільки лише високоякісна продукція може бути конкурентоспроможною. Відповідно зростають вимоги до методик оцінювання якості продукції.

2. У статті авторами запропонована методологія створення системи оцінювання якості та відповідності продукції, основана на принципах кваліметрії з використанням моделі багатовимірного шкалювання.

3. Однією із основних проблем оцінювання якості та відповідності продукції є відсутність зразкової фізичної міри якості цієї продукції, з якою можна було би порівнювати реальну досліджувану продукцію, тому автори пропонують для оцінювання якості та відповідності продукції використати віртуальну міру її якості, яка є теоретичним аналогом фізичної міри якості продукції.

4. Як віртуальну міру якості продукції пропонується використати базовий профіль якості досліджуваної продукції, сформований на основі зваженої евклідової моделі багатовимірного шкалювання.

5. Запропонований авторами поділ показників якості продукції за групами залежно від її функціонального призначення і забезпечення можливості оцінювання якості продукції як комплексним методом, так і в окремих функціональних групах, дає змогу повністю врахувати потреби споживачів продукції різного профілю – промислових та побутових.

6. Для формування відповідних базових і оцінюваних профілів якості доцільно використовувати як абсолютні, так і відносні одиничні показники якості досліджуваної продукції, що дає змогу здійснювати сортування продукції і, відповідно, встановлювати різну ціну на неї залежно від її сорту.

7. Подальший розвиток запропонованої авторами методології створення системи оцінювання якості та відповідності продукції доцільно проводити за такими напрямками:

- удосконалення методик формування віртуальних мір якості продукції – комплексної та групових;
- удосконалення методики порівняння відповідних оцінюваних та базових профілів продукції;
- побудова шкал для числового зв'язку між абсолютними відмінностями $ДП_K$ і $ДП_{Г,j}$ та якістю досліджуваної продукції.

1. ДСТУ 2925-94. Якість продукції. Оцінювання якості. Терміни та визначення. 2. Шишкин И.Ф. Теоретическая метрология: Учебник для вузов. – М.: Издательство стандартов, 1991. – 471 с. 3. ДСТУ 2681-94. Метрологія. Терміни та визначення. 4. ДСТУ ISO 9001- 2001. Системи управління якістю. Вимоги. 5. Мотало А. Менеджмент якості природного газу на основі концепції “шість сигм” // Вісник НУ “Львівська політехніка”, 2007. – № 580. – С. 297–306. 6. Стадник Б., Мотало А., Мотало В., Петровська І. Теоретичні та практичні задачі кваліметрії природного газу // Метрологія та вимірювальна техніка, 2005. – Вип. 65. – С. 81–86. 7. Бубела Т., Бойко Т., Столярчук П. Що ж таке якість товару? // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2005. – №4. – С. 51–54. 8. Фомин В.Н. Кваліметрія. Управление качеством. Сертификация: Учебное пособие. – М.: Ось-89, 2002. – 384 с. 9. Ціделко В., Яремчук Н., Шульгіна А. Систематизація критеріїв, метрик і шкал для оцінки якості програмних засобів // Метрологія та вимірювальна техніка, 2003. – Вип. 62. – С. 81–88. 10. Дэйвисон М. Многомерное шкалирование: Методы наглядного представления представления данных / Пер. с англ. В.С. Каменского. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 254 с. 11. Гличев А.В., Рабинович Г.О., Примаков М.И. Прикладные вопросы кваліметрії. – М.: Издательство стандартов, 1983. – 136 с. 12. Куць В.Р., Столярчук П.Г. Визначення коефіцієнтів важливості при комплексній оцінці якості за номінальними і гранично допустимими значеннями показників // Вісник НУ “Львівська політехніка”, 2001. – №420. – С. 7–77. 13. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. – М.: Наука, 1981. – 543 с. 14. Азгальдов Г.Г., Райхман Э.П. О кваліметрії. – М.: Издательство стандартов, 1973. – 172 с.