

**Загальна характеристика роботи**

**Актуальність теми**. Одним із найважливіших чинників зростання ефективності виробництва є поліпшення якості продукції, що випускається. Фактор якості продукції розцінюється в даний час, як вирішальна умова забезпечення її конкурентоспроможності на внутрішньому та зовнішньому ринках. Конкурентоспроможність продукції визначає престиж країни і є вагомим чинником збільшення її національного багатства.

Поняття якості систематично обговорюється науковою громадськістюі практиками, а тому сформульоване концептуальне бачення якості, як однієї з фундаментальних категорій, що визначає соціальну і економічну основу суспільства.

Якість товару в найбільшій мірі визначається його характеристиками. Для надання виробу потрібних характеристик необхідне чітке управління функціями організації виробництва для того, щоб всі служби і відділи підприємства володіли технікою управління і контролю, спеціальними технологіями, а також методами оцінювання якості й забезпечували відповідний рівень відповідальності за неї.

Оцінювання якості товару потребує деталізації: необхідно встановити, які показники якості слід обрати для розгляду, якими методами і з якою точністю визначати їх значення, які засоби необхідні для цього, як опрацювати і в якій формі подати результат оцінки. Результат оцінювання повинен бути оформлений таким чином, щоб сприяти споживачу у компетентному виборі продукції. Тут виникає запитання, а як вибрати компетентно продукцію, якщо цей вид продукції має багаточисельну номенклатуру показників якості? В цьому випадку, та і у всіх інших, найкращим був би варіант, коли продукція мала би числову градацію якості. Для виконання такої градації потрібно володіти відповідним апаратом та методикою виконання обчислень. Не можна стверджувати про високу чи низьку якість, якщо ми не можемо виміряти чи описати її математично.

Оскільки якість – багатокритеріальне і багатофакторне поняття, то для її оцінки важливо врахувати всі її складові, або їх більшість. Тому розроблення методів оцінювання якості продукції та послуг є важливим та актуальним завданням, яке потребує нагального розв’язання для стимулювання виробництва якісних товарів (щоб виробник завжди зміг порівняти свою продукцію з існуючою на ринку товарів).

**Зв’язок роботи з науковими програмами, планами, темами**. Робота виконувалась відповідно до планів наукової діяльності кафедри «Інформаційно-вимірювальні технології» Національного університету «Львівська політехніка», в рамках наукових держбюджетних та господарських тем: «Розроблення документації на систему управління якістю» (Госпдоговір № 0152), «Формування теоретичних і нормативних засад, розробка нетрадиційних методів та засобів оцінювання рівня якості продукції (реєстраційний № 0107210011100).

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є розвиток методів оцінювання якості продукції та послуг за одиничними та узагальненими показниками.

Для досягнення поставленої мети дисертаційних досліджень у роботі були поставлені такі завдання:

1. Аналіз вітчизняного та зарубіжного досвіду в галузі оцінювання якості продукції та послуг.
2. Аналіз вимог стандартів та інших нормативних документів щодо оцінювання якості продукції та послуг.
3. Розроблення нового формалізованого методу оцінювання якості продукції та послуг за одиничними показниками якості.
4. Розроблення методу оцінювання якості продукції та послуг за узагальненими показниками якості (на прикладі виробів порошкової металургії), для якого необхідно:

* сформулювати вимоги до побудови методів оцінювання якості порошкових матеріалів (далі ДСПМ) за дисперсним складом;
* розробити рекомендації до побудови номенклатури показників якості ДСПМ;
* розробити рекомендації до вибору базового зразка ДСПМ.

5. Апробація розроблених методів оцінювання якості продукції та послуг.

**Об’єктом дослідження**  є якість продукції та послуг.

**Предметом дослідження є** – математичні моделі та методи оцінювання якості продукції і послуг за одиничними та узагальненими показниками.

**Методи досліджень.** В дисертаційній роботі у процесі розроблення методів оцінювання якості використовувались: теорія векторного аналізу, теорія експертного оцінювання, теорія корисності та теорія багатофакторного аналізу.

**Наукова новизна результатів дослідження охоплює такі положення:**

1. Вперше розроблено, досліджено та апробовано векторний метод оцінювання якості продукції та послуг, який враховує широкий набір одиничних показників якості продукції і за модулем та фазою якості дозволяє одержати однозначну числову інтегральну оцінку.

2. Сформульовано та розроблено аналітичні методи оцінювання якості продукції з урахуванням соціально-економічного стану споживача, що полягають у впровадженні алгоритму та способу оцінки якості продукції залежно від функції корисності і дозволяють уникнути процедури визначення коефіцієнта важливості конкретного показника якості.

3. Розроблені методи оцінювання якості продукції та послуг на базі сформованої математичної моделі дозволяють теоретично обґрунтовано проводити ранжування послуг (супермаркетів, станцій технічного обслуговування тощо), а також обґрунтовано поділяти і відносити однотипну продукцію до різних категорій якості.

4. Розроблено методику оцінювання якості продукції (на прикладі готового матеріалу із порошків) за узагальненими характеристиками відбитого від матеріалу променя (тестового сигналу), що полягає у визначені чотирьох параметрів індикатриси розсіювання відбитого променя (математичного сподівання, нормованого математичного сподівання, коефіцієнта невідповідності, коефіцієнта кореляції), які дозволяють однозначно оцінити якість виробу.

5. Досліджено та запропоновано для практичного використання метод ідентифікації інформації про дисперсний склад порошкових матеріалів на основі системи параметрів, які характеризують неоднорідність розподілу відбитого променю за кутами розсіювання (за елементами індикатриси розсіювання) в процесі діагностики поверхні зразків; розроблено методику розрахунку відповідних параметрів.

**Практичне значення одержаних результатів дослідження.** Розроблені методи оцінювання якості товарів мають важливе практичне значення, починаючи з початкового життєвого циклу продукції (маркетингу, розроблення даної продукції і технології виробничих процесів). Кількісне оцінювання якості продукції дозволяє проводити її порівняння з існуючими однотипними товарами, а це значить, що виробнику надається допомога для створення конкурентноздатної продукції.

Споживачеві створені умови для «компетентного вибору продукції», оскільки методи дозволяють виконати числову оцінку якості і у відсотках показати її наближеність до еталонної продукції.

Результат дисертаційного дослідження, зокрема, методичні розробки можуть бути використані в практичній діяльності розробників, виробників нової продукції та споживачів.

Результати роботи використовуються в навчальному процесі Національного університету «Львівська політехніка» в лекційних курсах «Програмні та апаратні методи тестування», «Математичні методи моделювання якості», «Управління якістю», а також на практичних заняттях та у дипломних і магістерських роботах.

Практична цінність роботи полягає у тому, що одержані результати створюють наукове підґрунтя для розроблення та впровадження нового національного стандарту щодо оцінювання рівня якості порошкових матеріалів, з використанням якого можна удосконалювати технологію виготовлення порошкових матеріалів із заданими фізико-механічними властивостями. Результати проведених досліджень можуть служити теоретичною базою для покращення якості товарів та послуг і діагностики композиційних матеріалів з перспективою подальших досліджень в галузі оцінювання рівня якості інших об’єктів.

**Особистий внесок здобувача полягає** в постановці і розв’язуванні теоретичних задач, обґрунтуванні експериментальних досліджень, в апробаціях одержаних результатів досліджень на конкретних прикладах та у формулюванні основних висновків в кожному науковому дослідженні (в роботах, опублікованих у співавторстві).

**Апробація результатів дисертаційних досліджень.** Викладені в дисертаційній роботі наукові положення та наукові результати доповідались та обговорювались на таких конференціях та семінарах:

– Всеукраїнська науково-практична конференція «Якість-2006», (Україна, Славськ, 2006);

– III Міжнародний науково-практичний семінар «Проблеми якості та стандартизації в автоматизованих технологіях», (Україна, Східниця, 2005);

– VI Всеукраїнський науково-практичний семінар «Якість, проблеми та рішення», (Україна, Східниця, 2006);

– Міжнародна наукова конференція ”Леотест – 2007” Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. Неруйнівний контроль та технічна діагностика матeріалів і конструкцій. – (Львів-Славсько, 14-18.02.2007);

– XV Міжнародний семінар метрологів "Методи і техніка перетворення сигналів при фізичних вимірюваннях". – (Львів-Ряшів, 24-27.09.2007);

**Публікації.** За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 11 науково-технічних статей (9 у фахових виданнях ВАК), з них 5 статей одноосібних.

**Структура та об’єм роботи.** Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел. Робота містить 155 сторінок, рисунків – 28, таблиць – 15. Список використаних літературних джерел містить 142 назви.

**ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ**

**У вступі** обґрунтовано актуальність вибраного напрямку досліджень, визначено предмет і об’єкт дослідження, сформульовано мету, задачі та методи досліджень, визначено наукову новизну і практичну цінність результатів, подано відомості про їх апробацію та публікації.

**У першому розділі** дисертації виконано аналіз нормативно-технічного забезпечення та методів оцінювання якості продукції та послуг і сформульовані проблеми, які потребують розв’язання.

Існуючі системи нормування показників якості та система підтвердження відповідності недостатньо забезпечують законодавчо закріплену вимогу – сприяти компетентному вибору споживачем продукції чи послуги. Не існує чіткого методу порівняння різної продукції одного призначення.

Бачення якісної продукції чи послуги може бути різним для виробника і споживача. Існуюча нормативно-технічна документація, зокрема чинні ДСТУ, ГОСТи нормують показники якості продукції винятково для виробників з метою зменшення бракованої продукції. В той же час міжнародний досвід свідчить про те, що вимоги до показників якості повинні формуватись споживачем.

Що стосується методів оцінювання якості продукції чи послуги з існуючих на сьогоднішній день, то методи середньозважених показників якості, диференційний метод чи змішаний метод не враховують факт суб’єктивності коефіцієнтів вагомості показників якості.

Відсутні методики оцінювання якості послуг споживачем. Нормативно-технічне забезпечення показників якості послуг, у зв’язку із різноманітністю останніх, перебуває на початковій стадії формування, а міжнародний досвід з нормування цих показників дозволяє виокремити лише загальні підходи (методологію), що особливо важливо для міжнародного обміну послугами.

Поданий у першому розділі аналіз нормативного забезпечення товарів і послуг показує, що існуюча практика контролю якості виробів за зміною тестового сигналу, наприклад, метод колорометрії, не дозволяє однозначно оцінити їх якість. На виході у тестовому сигналі присутні узагальнені показники якості досліджуваного виробу, але методик оцінювання якості за цими змінами не існує.

Відсутність методик оцінювання якості на стадіях виробництва і експлуатації (споживання), або їх недосконалість створюють проблему реалізації продукції.

**У другому розділі** сформульовані основні теоретичні засади і концепція нових методик оцінювання якості товарів і послуг.

Для оцінювання якості необхідно: визначити перелік тих властивостей, сукупність яких в достатній мірі характеризує якість; визначити їх числові значення шляхом вимірювання; аналітично співставити одержані дані з подібними характеристиками іншого об’єкту, який будемо приймати за базовий зразок чи еталон якості. Одержаний результат буде з достатнім ступенем достовірності характеризувати якість досліджуваного об’єкту.

Одержана числова оцінка якості досліджуваного об’єкту порівняно з базовим зразком, це ще не кінцева оцінка, це тільки основа подальших досліджень. Оцінка якості – це відповідь на запитання, наскільки одержаний результат оцінювання якості досліджуваного об’єкту відповідає інтересам споживачів. Якщо показники якості сформовані тільки виробником без врахування думок споживачів, то отримана оцінка може не відповідати оцінці даного об’єкту споживачем.

Важливим етапом кваліметричних досліджень є створення методики побудови (вибору, знаходження) базового об’єкту і порівняння з ним досліджуваного об’єкту шляхом вимірювання основних параметрів з подальшим обробленням результатів.

Оскільки якість продукції (товарів, послуг) – багатофакторне поняття, то для її оцінки важливо враховувати всі складові, чи їх більшість.

Під час розв’язання багатокритеріальних задач оцінювання якості слід сформулювати деякі аксіоми, яким повинна задовольняти функція якості. Першу аксіому можна сформулювати наступним чином: якщо якість товару (послуги) А є вищою порівняно з якістю товару (послуги) В, а В порівняно з якістю товару (послуги) С, то це означає, що якість товару (послуги) А є вищою порівняно з С, тобто

*Я(A)>Я(B)>Я(C)*,

де Я*(A); Я(B); Я(C)* – відповідно якість товару (послуги) *А, В, С*.

Друга аксіома стосується незалежності характеристик якості одна від одної (якщо відсутня кореляція між характеристиками якості): перевага серед двох товарів надається тому, який відрізняється лише однією характеристикою якості з кращим значенням, за тотожних значень інших характеристик. Якщо дві характеристики якості не залежать від інших характеристик, які б значення вони не приймали, то якість товару буде оцінюватися різницею між цими двома характеристиками.

Сформульовані аксіоми дозволяють порівнювати між собою продукцію, що відрізняється лише одним значенням характеристики якості. Для продукції, що відрізняється за більшою кількістю показників, необхідні спеціальні методи оцінювання якості.

Пропонується метод, який можна назвати “векторним методом” оцінювання якості виробів та послуг. Згідно з цим методом якість продукції за окремими показниками можна подати трикутником якості (рис.1).



**Рис. 1. Трикутник якості за одним показником якості.**

Значення показника якості оцінюваної продукції *xi* відкладається (у відносних одиницях) по осі абсцис *x*, а відношення значення *xi* до значення відповідної характеристики якості продукції *xie*, що прийнята за еталонну (базову), відкладаємо по осі *у*. Значення *xi* і *уі* можна подати векторами, як зображено на рисунку 1. При цьому – вектор якості оцінюваної продукції за одиничним показником в порівнянні з еталонною однотипною продукцією і йогоможна подати в полярних координатах наступним чином:

, , (1)

де *ϕі* – кут, чи фаза якості; *Яі* – модуль вектора якості.

Володіючи значенням  , *ϕі* для кожного значення показника якості оцінюваної продукції, можна їх просумувати, як показано на рис. 2.



**Рис. 2. Сумування одиничних векторів якості.**

Якість оцінюваної продукції *Я* дорівнює сумі *Яі* за їх всіма показниками і може бути записана у вигляді :

, (2)

де *ψ* – фаза якості.

Максимальне значення фази якості може бути наступним:

, (3)

де  – сума відносних значень показників якості еталонного (базового) зразка, однотипного з оцінюваним.

Якщо прийняти, що кожний показник якості еталонної продукції однаково характеризує якість в цілому і є рівнозначним з іншими показниками, зокрема, по відношенню до всієї іншої продукції цього типу, а , то фаза (кут) якості буде дорівнювати 450.

Таким чином, якість можна характеризувати декількома показниками, а саме вектором якості, фазою якості та відносним значенням якості у порівнянні з еталоном:

,або . (4)

Для підтвердження ефективності векторного методу аналізу якості послуг кількох супермаркетів з продажу продуктів харчування скористаємося даними таблиці 1, в якій подані числові значення показників якості, усереднені після опитування споживачів. Для досліджень якості послуг використовувалась 10-бальна числова оцінювальна шкала. Споживачі вказували оцінку кожного показника якості обслуговування в межах від 1 до 10.

Оцінка послуг виконувалась за схемою на рис. 3.

*Таблиця 1*

**Числова оцінка показників якості 4-х супермаркетів**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 1. Показники якості послуги | Номери супермаркетів | | | |
| №1 | №2 | №3 | №4 |
| 1. | Місце знаходження супермаркету | 9,4 | 5,6 | 4,3 | 7,2 |
| 2. | Асортимент товарів | 9,2 | 9,6 | 8,2 | 9,4 |
| 3. | Рівень цін | 8,1 | 6,5 | 8,9 | 7,6 |
| 4. | Якість товарів | 8,9 | 4,7 | 6,9 | 7,2 |
| 5. | Час, потрібний для розрахунку за покупку | 8,5 | 9,5 | 6,8 | 7,3 |
| 6. | Консультації обслуговуючого персоналу в торговому залі | 8,3 | 7,3 | 5,2 | 4,1 |
| 7. | Зручність паркування автомобіля | 7,9 | 4,3 | 8,1 | 9,5 |
| 8. | Зовнішній вигляд персоналу | 7,3 | 9,4 | 8,6 | 5,2 |
| 9. | Зручність розташування продуктів в залі | 5,2 | 8,6 | 4,3 | 9,2 |
| 10. | Інформація про безпечність продуктів для здоров’я | 6,1 | 1,2 | 7,8 | 9,5 |



**Рис. 3. Схема послідовності оцінювання якості послуг**

Після одержання усередненої оцінки кожного показника якості, його можна подати графічно у вигляді прямокутного трикутника (аналогічно, як на рис. 1), сторони якого вважаємо векторами.

Показник якості першого супермаркету дорівнює 9,4 бали і зазначений на осі абсцис *Х.* Перпендикулярно до цього вектора відкладемо вектор відносного одиничного показника якості, який дорівнює 0,94=9,4/10 за 10-бальною системою. Позначимо абсолютне значення першого показника якості супермаркету № 1 через Х1, а відносний його показник – У1. Просумувавши Х1 та У1, одержимо прямокутний трикутник А1В1С1, де Я1, Ψ1 – вектор і кут якості (фаза) для першого показника якості (рис. 4).

Аналізуючи подібним чином другий показник якості супермаркету № 1 і, сумістивши вершину А2 трикутника А2В2С2 з вершиною С1, одержимо суму векторів Х2 та У2 .



**Рис. 4. Сумування одиничних показників якості послуг супермаркетів**

Виконуємо подібну процедуру для всіх інших показників якості послуг супермаркету № 1 і одержимо сумарну якість послуги супермаркету № 1 (рис.4), де Xi – одиничні показники якості. Подібним чином опрацьовуємо одиничні показники якості послуг для супермаркетів № 2, № 3 і № 4.

Як бачимо з рис. 4, найвища якість послуги надається супермаркетом № 1, в якого сумарний показник якості *Я*N1 і фаза якості ΨN1 є найвищими. Найнижчий показник якості послуг відповідає супермаркету № 2, оскільки в нього сумарний показник якості *Я*N2 і фаза якості ΨN2 є найменшими.

Побудова за даними опитувань клієнтів супермаркетів гістограм чи лише статистичне опрацювання результатів експертного методу не дають такої наочності щодо рівнів послуг, як запропонований векторний метод.

Опрацювання векторним методом результатів опитування споживачів дає можливість за значеннями *Я*Ni , ΨNі виявити послуги, які на даний момент часу економічно вигідно покращити.

Зокрема, векторний метод дає можливість ранжувати послуги, що надаються готелями, ресторанами, станціями технічного обслуговування автомобілів тощо (рис. 5). Практичний досвід та теоретичне обґрунтування свідчать: якщо відношення *Я*Nі/*Я*е складає 90 % і більше, послуга надається відмінно; для значень 85-90% є дуже доброю; від 80 до 85% – доброю; 75-80% – гранична межа, а нижче 75% – такі послуги слід негайно покращити.



**Рис. 5. Ілюстрація використання векторного методу для присудження певної категорії продукції, послуги**

Товару чи послузі притаманні фактори сподівань чи ступені корисності. Очевидно, що у різних суспільних умовах один і той самий товар буде користуватися різним попитом, залежно від умов життя.

Для конкретизації ступеня корисності товару впроваджуємо поняття соціально-економічної функції якості кожного виробу, яку можна обчислити як відношення попиту  на даний виріб до сумарного попиту на всі вироби аналогічного призначення:

= . (5)

На значення коефіцієнта соціально-економічного впливу *Ясе* іноді впливають чинники, які не відображають дійсної якості продукції, зокрема необ’єктивна реклама, продаж з додаванням додаткової продукції (що практикується у торгівлі) тощо.

Припустимо, що дана продукція нешкідлива для людини і довкілля. В такому випадку для неї можна побудувати функції корисності за кожною характеристикою якості.

Функції корисності залежно від встановлених нижньої  і верхньої  характеристики якості можна подати моделлю в координатах корисно-шкідливо як показано на рис.6.



**Рис. 6. Зменшення функції корисності від значення  характеристики якості товару**

Корисність можна ідентифікувати із коефіцієнтом впливу *аі* характеристики якості  на дану продукцію. Іншими словами, за наявності чи при встановленній функції корисності коефіцієнт впливу *аі* є функцією характеристики якості  даного товару чи послуги.

В цьому випадку якість товару чи послуги можна записати наступним чином:

****, (6)

де *Я* – якість даного товару чи послуги.

Для більшості харчових продуктів існують результати досліджень (медиків, біологів, дієтологів тощо) про корисність наявних складників. Для тих товарів чи послуг, де не встановлені такі залежності, а необхідно оцінювати їх якість, слід проводити кваліметричні дослідження. За наявності результатів таких досліджень можна однозначно оцінити якість даної продукції чи послуги, а це буде стимулювати встановленню обґрунтованої ціни і сприяти компетентному вибору продукції.

**У третьому розділі** досліджені зміни характеристик тестового сигналу і розроблено методику визначення якості готового виробу (на прикладі матеріалу, виготовленого з порошків шляхом пресування з подальшим термообробленням), яка полягає у тестуванні поверхні електромагнітним випромінюванням інфрачервоного діапазону, відбитим від поверхні зразка.

Фізико-механічні та фізико-хімічні властивості порошкових матеріалів, від яких залежить якість виробу, визначаються розмірами та особливостями упаковки порошку.

На рис. 7 показано верхній шар системи паралельних циліндричних частинок на поверхні порошкового матеріалу з радіусом *R*. На реєструвальний пристрій (*РП*) (фотолінійку з 16-ти фотодіодів; *n* = 16) попадають розсіяні (відбиті) від порошкового матеріалу промені з довжиною хвилі *λ* в діапазоні кутів ** = [**1; **2]. При цьому **0 і ** – кути падіння та відбивання зондувальних променів відповідно; ** *2* – *1* .

****

**

**

**

**

**

**

**Рис. 7. Схема проходження випромінювання від джерела (*Д*) до реєструвального пристрою (*РП*) (фотолінійки).**

На рис. 8 зображено частину індикатриси розсіювання *S*(**) в діапазоні кутів ** = [15; 30o] для наборів частинок, радіуси яких *R5* = 5 мкм і *R6* = 6 мкм. Розподіл інтенсивності випромінювання *S*=*S*(**) для *R5* можна вважати базовим тестовим сигналом і порівнювати з ним сигнали (розподіли інтенсивностей) для наборів частинок з іншими радіусами.

У першому наближенні порівнюють частини індикатриси *S*(**) з допомогою коефіцієнта кореляції *Kk* та інших відомих статистичних характеристик: *R* – математичне сподівання; *R* – нормоване математичне сподівання; *KT* – коефіцієнт невідповідності.

Для визначення *Kk*, *R*, *R*, *KT* використовують: *Sj* , *S*1*j* – характеристики двох наборів даних (значень індикатриси розсіяння); *j* = 1,2, … *n*; *Sj* – інтенсивність відбитого випромінювання для зразка, розміри частинок якого порівнюють з базовим; *S*1*j* – інтенсивність відбитого випромінювання для еталонного (базового) набору частинок; ,  – середні значення інтенсивності випромінювання для заданих діапазонів кутів (зокрема, ** = [0; 15o], ** = [5; 20o], ** = [10; 25o], ** = [15; 30o]).

**Рис. 8. Приклад частини індикатриси розсіювання**

***S*(**) для *R5* = 5 мкм, *R6* = 6 мкм, ** = [15; 30o]**

Оскільки *РП* розглядається як фотолінійка з 16 фотодіодами для реєстрації розсіяного променя, то *n* = 16, а *Kk*, *R*, *R*, *KT* подаються у вигляді сум, в яких *n* означає кількість членів ряду і характеризує число ділянок.

Комплексна оцінка якості порошкових матеріалів залежить від того, наскільки якісно експериментатор може керувати технологічним процесом їх виготовлення і надалі контролювати фізичні та геометричні параметри кінцевого продукту.

На основі розрахунків встановлено, що залежності *S* = *S*(**) більш інформативні у порівнянні з *S* = *S*(**) і тому їх можна використати для оцінки дисперсного складу порошкових матеріалів з видовженими паралельними волокнами циліндричного типу.

Проблема оцінки дисперсного складу (розмірів частинок) порошкових матеріалів має важливе практичне завдання, оскільки орієнтована на підвищення якості технологічного процесу виготовлення матеріалу із заданими фізичними властивостями, оптимізації його структури та створення умов, які б унеможливили виникнення небезпечної ситуації руйнування матеріалу за високих температур.

**У четвертому розділі** виконана апробація розроблених методик. Використано розроблену методику оцінювання якості порошкового матеріалу за характеристиками зміни тестового сигналу для визначення базового зразка. Від вибору останнього істотно залежить результат оцінювання рівня якості порошкових матеріалів.

Для аналізу частин індикатриси *Sj* = *Sj*(**) циліндричних частинок базового зразка у першому наближенні використаємо показники *R*, *KT* , *Kk* (7). Позначимо ,  – середні значення інтенсивності випромінювання для таких діапазонів кутів: ** = [0; 15o], ** = [5; 20o], ** = [10; 25o], ** = [15; 30o].

Значення показників *R* = *km* для чотирьох кутових діапазонів [0; 15o], …, [15; 30o] наведені табл. 2 (*k* = 1, 2, 3, 4; *m* = 1, 2, … 6). Вважаємо дані *k1* для *R*1 = 5 мкм базовими, а дані іншого набору з невідомим *Rm*(наприклад, *R*2 = 6мкм, …, *R*6 = 10 мкм) порівнюємо з *k1* за допомогою співвідношення

. (7)

В результаті для кожного набору циліндричних частинок *Rm* отримано 4 значення *km* (наприклад, для *R*2: *12* = 0,29; *22* = 0,37; *32* = 0,39; *42* = 0,44). Аналогічні значення *km* отримано для наборів циліндричних частинок одного розміру в діапазоні *Rm* = [1; 20 мкм].

Обчислені значення *Kk* і*KT* для частинок радіусом від 6 мкм до 10 мкм у порівнянні з аналогічними *Kk* і*KT* для *R0 =* 5 мкм наведені в табл. 3.

*Таблиця 2*

**Значення показників *R* для кутових діапазонів ** ~ [0; 15o], …, [15; 30o]**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R, мкм* |  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| *R1⋅*105 | [0; 15o] | 8,58 | 5,51 | 3,90 | 3,87 | 4,18 | 3,13 |
| *R2⋅*105 | [5; 20o] | 8,46 | 6,32 | 4,78 | 4,04 | 5,27 | 3,72 |
| *R3⋅*105 | [10; 25o] | 10,48 | 7,2 | 5,49 | 4,84 | 6,66 | 4,40 |
| *R4⋅*105 | [15; 30o] | 11,79 | 8,04 | 5,57 | 6,08 | 9,10 | 5,40 |

*Таблиця 3.*

**Значення коефіцієнтів *Kk*, *KT* для *R*0 = 5 мкм, *Rj* = 6, …,10 мкм (** = [15; 30o])**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *R*0 ~ *Rj* | 5 ~ 6 | 5 ~ 7 | 5 ~ 8 | 5 ~ 9 | 5 ~ 10 |
| *Kk* | –0,0014 | 0,386 | 0,188 | 0,452 | –0,0544 |
| *KT* | *KT1*=0,471 | *KT2*=0,423 | *KT3*=0,435 | *KT4*=0,249 | *KT5*=0,465 |

Відповідні набори *km*, *Kk*, *KT* для конкретного матеріалу створюють банк даних, який дозволяє оптимізувати дисперсний склад базового зразка з використанням інформації, отриманої з допомогою оптичних сенсорів.

Оцінювання якості порошкового (композиційного) матеріалу зводиться до порівняння сукупності значень приведених показників індикатриси відбитого випромінювання (з допомогою співвідношень (7)) з відповідною сукупністю показників для базового зразка.

В цьому розділі також апробована методика оцінювання якості векторним методом на основі порівняння оцінок, одержаних різними методами, зокрема, експертним та попарного порівняння.

Перевірка достовірності оцінювання якості векторним методом була виконана на прикладах оцінок рейтингу автомобілів і автомобільних шин.

Кожний автомобіль характеризується певними значеннями характеристик якості і відповідним коефіцієнтом вагомості. Наприклад, будемо оцінювати автомобілі за такими показниками: надійність тривалої експлуатації, дизайн, ціна автомобіля, витрати на обслуговування. Дані експертів занесемо в табл. 4.

За експертною оцінкою третій автомобіль має найвищий рейтинг. Оцінки, опрацьовані за векторним методом, дають наступні результати: за модулем якості рейтинги автомобілів 1 і 3 є практично однаковими (різниця їх рейтингу складає лише 0,06 %).

Векторний метод є значно простішим і наочнішим.

*Таблиця 4*

**Характеристики якості автомобілів**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Характеристики якості | Коефі-цієнт вагомості | Оцінка експертів автомобілів в балах | | | |
| Автомоб.  1 | автомоб.  2 | автомоб.  3 | автомоб.  4 |
| 1 | Надійність тривалої експлуатації | 0,3 | 10 | 9 | 10 | 8 |
| 2 | Дизайн автомобіля | 0,2 | 8 | 6 | 7 | 10 |
| 3 | Ціна автомобіля | 0,4 | 7 | 6 | 10 | 8 |
| 4 | Витрати на обслуговування | 0,1 | 10 | 6 | 8 | 8 |
| 5 | Рейтинг автомобіля в балах |  | 8,4 | 6,9 | 9,2 | 8,4 |

Запропонований метод оцінювання якості продукції дозволяє опрацьовувати одиничні показники якості, отримані шляхом вимірювання, спільно з одержаними оцінками споживачів.

**ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ ТА ВИСНОВКИ**

Сукупність отриманих в дисертації результатів дозволяє розв’язати важливу науково-практичну задачу з розвитку методів оцінювання якості продукції та послуг. Розв’язання цієї проблеми має суттєве значення з погляду компетентного вибору споживачем товару за рівнем його якості та забезпечення конкурентоспроможності національної продукції на світовому ринку.

У дисертаційній роботі отримано такі основні результати:

1. Аналіз нормативно-технічного забезпечення та методів оцінювання якості продукції та послуг виявив проблеми, які потребують розв’язання як через вдосконалення нормативно-технічного забезпечення так і розроблення нових методик оцінювання якості.

2. За результатами аналізу існуючих принципів та алгоритмів оцінювання якості продукції запропоновані нові методики оцінювання якості продукції за одиничними показниками якості (векторний метод) та за інформацією, що одержано під час тестування матеріалу (продукції) зовнішнім тестовим сигналом.

3. Запропоновано методику вибору базової продукції для розроблення математичних моделей оцінювання якості продукції та послуг.

4. Розроблена методика оцінювання якості продукції векторним методом, який дозволяє виконати оцінювання якості за двома величинами – модулем якості та фазою якості, а також оцінити якість продукції на основі соціально-економічного підходу.

5. Розроблена методика оцінювання якості матеріалів, виконаних за технологією порошкової металургії, за зміною характеристики тестового променя. Встановлено, що досліджені характеристики відбитого від поверхні порошкових матеріалів променя дають однозначну залежність їх зміни від якості порошкового матеріалу.

6. Розроблена методика аналізу індикатриси розсіювання відбитого променя, що є важливим елементом методики тестування порошкових матеріалів, дозволяє формулювати рекомендації щодо якості матеріалу, зокрема, в напрямку покращення його фізико-механічних та фізико-хімічних характеристик шляхом визначення оптимальної структури порошкового матеріалу з допомогою коефіцієнта кореляції та виконання процедури відповідних числових оцінок.

7. Розроблено й апробовано методику вибору базового (еталонного) зразка порошкового матеріалу, який в подальшому використовується для порівняння з іншими досліджуваними порошковими матеріалами за характеристиками індикатрис відбитих променів.

8. Встановлено, що за визначеними значеннями характеристик індикатриси відбитого випромінювання (математичне сподівання, нормоване математичне сподівання, коефіцієнт кореляції і коефіцієнт невідповідності) для базового зразка можна обрати оптимальний з погляду реєстрації інтенсивності випромінювання діапазон кутів, в якому найбільше проявляються характеристики якості порошкових матеріалів.

9. Перевірена достовірність одержаної оцінки якості автомобілів та автомобільних шин у разі використання векторного методу у порівнянні з експертним і методом попарного порівняння. Одержані оцінки результатів порівняння згаданих методів оцінки якості наближені один до одного і їх відносні похибки не перевищують 0,1 %. Відзначено, що застосування векторного методу не потребує залучення фахових експертів для встановлення коефіцієнтів важливості кожного показника якості.

**СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Чабан О. П. Кількісне оцінювання якості продукції / О. П. Чабан // Вимірювальна техніка та метрологія. – Львів: Вид. Нац. у-ту "Львівська політехніка", 2006 – Вип. 66. – С. 200-205.

2. Чабан О. П. Якість процесу обробки сигналу і зв'язок з кореляційним аналізом / О. П. Чабан, В. М. Юзевич // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Автоматика, вимірювання та керування. – Львів: Вид. НУ "Львівська політехніка", 2006. – Вип. № 551. – С. 95-100.

3. Чабан О. П., Векторний підхід до оцінювання якості оброблення сигналів / О. П. Чабан, В. М. Юзевич // Стандартизація, сертифікація, якість. – 2007. – № 2 (45). – С. 42-46.

4. Чабан О. П. Оцінювання якості сигналу, відбитого від системи частинок порошкового матеріалу / П. М. Сопрунюк, В. М. Юзевич, О. П. Чабан // Фізичні методи та засоби контролю середовищ, матеріалів та виробів. Неруйнівний контроль та технічна діагностика матеріалів і конструкцій. Збірник наук, праць. – Львів: ФМІ НАН України, 2007. – Випуск 12. – С. 255-261.

5. Чабан О. Оцінювання інформативності розсіяного частинками випромінювання з урахуванням комплексного показника заломлення речовини / В. М. Юзевич, П. М. Сопрунюк, О. П. Чабан // Тези XV Міжнародного семінару метрологів "Методи і техніка перетворення сигналів при фізичних вимірюваннях". – Львів-Ряшів, 24-27.09.2007. – С. 63.

6. Чабан О. П. Методи оцінки якості композиційних матеріалів / В. М. Юзевич, І. В. Огірко І. В., О. П. Чабан // Науковий вісник Українського університету. – Москва, 2008. – Том 13. – C. 202–207.

7. Чабан О. П. Векторний метод оцінювання якості послуг / О. П. Чабан //Вимірювальна техніка та метрологія. – Львів, 2008. – № 69 – C. 126-129.

8. Чабан О. П. Методи оцінки якості продукції і послуг за одиничними показниками / О. П. Чабан // Вимірювальна техніка та метрологія. – Львів: Вид. НУ “Львівська політехніка”, 2007. – Вип. 68. – С. 116-119.

9. Чабан О. П. Порівняння результатів оцінювання якості продукції двома методами – експертним і векторним / О. П. Чабан // Вимірювальна техніка та метрологія. –Львів: Вид. НУ “Львівська політехніка ”, 2009. – Вип. 70. – С. 196-200.

10. Чабан О. П. Використання векторного методу для визначення рейтингу автомобільних шин / О. П. Чабан // Вісник Національного університету “Львівська політехніка’’ Автоматика, вимірювання та керування. – Львів: Вид. НУ “Львівська політехніка”, 2009. – Вип. № 639. – С. 184-189.

11. Чабан О. Показники якості інформації базового зразка для порошкових матеріалів / О. Чабан, В. Юзевич // Метрологія та прилади. – 2009. – № 1(15). – С. 22-26.

**АНОТАЦІЯ**

**Чабан О. П. Розвиток методів оцінювання якості продукції і послуг за одиничними та узагальненими показниками. – Рукопис**.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.02. – стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення. Національний університет «Львівська політехніка», Львів, 2009 р.

Дисертація присвячена дослідженню та розробленню засад побудови та розвитку методів оцінювання якості товарів та послуг. На основі аналізу існуючих принципів та алгоритмів оцінювання якості товарів запропоновано нові методи оцінювання якості за одиничними показниками якості (векторний метод), та за інформацією, що одержуємо при тестуванні матеріалу (продукції) зовнішним тестовим сигналом. Векторний метод дозволяє провести оцінювання якості за двома величинами – модулем якості та фазою якості. Даний метод не потребує встановлення експертним шляхом коефіцієнтів вагомості кожного показника якості. Розроблено методику оцінювання якості матеріалів, що виготовляються з порошків (шляхом пресування і термообробки) за інформацією про зміну характеристик тестового електромагнітного випромінювання, відбитого від поверхні зразка. Запропоновані аналітичні співвідношення, за допомогою яких можна оцінювати якість порошкового матеріалу за значенням інтенсивності випромінювання в заданому діапазоні кутів, що реєструється системою фотодіодів. Розроблено і апробовано методику вибору базового (еталонного) зразка порошкового матеріалу, який надалі використовується для порівняння його з іншими досліджуваними порошковими матеріалами за характеристиками індикатрис відбитого випромінювання. Здійснена перевірка достовірності одержуваних оцінок якості за запропонованими методиками.

**Ключові слова:** *методики оцінювання якості товарів та послуг, векторний метод, модуль якості, фаза якості, зміна тестового сигналу, математичне сподівання, коефіцієнт невідповідності, коефіцієнт кореляції.*

**АННОТАЦИЯ**

**Чабан О. П. Развитие методов оценивания качества продукции и услуг на основе единичных и обобщенных показателей. – Рукопись.**

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.01.02 – стандартизация, сертификация и метрологическое обеспечение. Национальный университет «Львовская политехника», Львов, 2009 г.

Диссертация посвящена исследованию и разработке принципов построения и развития методов оценивания качества товаров и услуг. На основе анализа существующих принципов и алгоритмов оценивания качества товаров предложены новые методы оценивания качества с помощью единичных показателей качества (векторный метод), и на основе информации, которую получаем при тестировании материала (продукции) внешним тестовым сигналом. Векторный метод позволяет провести оценивание качества с помощью двух величин – модуля качества и фазы качества. Данный метод не нуждается в установлении экспертным путем коэффициентов весомости каждого показателя качества. Разработана методика оценивания качества материалов, которые изготовляются из порошков (путем прессования и термообработки) на основе информации об изменении характеристик тестового электромагнитного излучения, отраженного от поверхности образца. Предложены аналитические соотношения, с помощью которых можно оценивать качество порошкового материала с использованием значений интенсивности излучения в заданном диапазоне углов, которые регистрируются системой фотодиодов. Разработана и апробирована методика выбора базового (эталонного) образца порошкового материала, который в дальнейшем используется для сравнения его параметров с другими аналогичными параметрами исследуемых порошковых материалами на основе анализа характеристик индикатрис отраженного излучения. Оценивание качества порошкового (композиционного) материала приводится к сравнению совокупности значений приведенных показателей индикатрисы отраженного электромагнитного излучения инфракрасного диапазона с соответствующей совокупностью показателей для базового образца.

Установлено, что с помощью определенных значений характеристик индикатрисы отраженного электромагнитного излучения (математическое ожидание, нормированное математическое ожидание, коэффициент корреляции и коэффициент несоответствия) для базового образца можно выбрать оптимальный с точки зрения регистрации интенсивности излучения диапазон углов, в котором наиболее всего проявляются характеристики качества порошковых материалов.

Проблема оценки дисперсного состава (размеров частиц) порошковых материалов имеет важное практическое задание, поскольку ориентированная на повышение качества технологического процесса изготовления материала с заданными физическими свойствами, оптимизации его структуры и создания условий, которые бы исключили возможность возникновения опасной ситуации разрушения материала при высоких температурах.

Осуществлена проверка достоверности полученной оценки качества автомобилей и автомобильных шин при использовании векторного метода в сравнении с экспертным и методом попарного сравнения. Установлено, что полученные упомянутыми методами оценки качества близки между собой, а их относительные погрешности не превышают 0,06 %. Предложенный векторный метод оценивания качества продукции позволяет учитывать единичные показатели качества, полученные путем измерения, совместно с полученными оценками потребителей.

**Ключевые слова:** *Методики оценивания качества товаров и услуг, векторный метод, модуль качества, фаза качества, изменение тестового сигнала, математическое ожидание, коэфициент несоотвествия, коэфициент корреляции.*

**Annotation**

*Chaban O.P.,* ***Development of Quality Estimation Methods for Production and Services through Single and Generalized Indices***. – Manuscript.

Thesis for gaining the scientific degree of the Candidate of Technical Science on the speciality 05.01.02. \_ Standardization, Certification and Metrological Supply, “Lviv Polytechnic” National University, Lviv, 2009.

The dissertation is dedicated to the research and development of construction principles and evolution of quality estimation methods for products and services. New methods of quality evaluation through single quality indices and due to the information gained at testing material (production) by an utter test signal are proposed on the basis of product quality estimation existing principles and algorithms. The vector method enables us to conduct quality estimation through two values – quality modulus and quality phase. The given method does not demand determining weight coefficients of every quality index in the expert way. The technique of quality evaluation of materials made from powder (by pressing and thermo-processing) due to the information on altering the test signal reflected from the a ray surface. Analytical relations for the quality evaluation of powdering material due to the intensity of a reflected ray within the given angle range that is registered by an eradiation receiver are proposed. The selection methods of the powdering material base (standard) pattern further used for its comparison with other researched powdering materials due to the characteristics of reflected rays’ indicatrises are proposed. The veracity verification of received quality estimation performed with the proposed methods is conducted.

**Key-words:***quality estimation methods for products and services, vector-method, quality modulus, quality phase, test signal change, mathematical expectation, inconsistency coefficient, correlation coefficient.*